



## 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6

F23D 14/12, F23C 3/00, 3/301

A1

(11) 国際公開番号

WO96/09496

(43) 国際公開日

1996年3月28日(28.03.96)

(21) 国際出願番号

PCT/JP95/01916

(22) 国際出願日

1995年9月22日(22.09.95)

(30) 優先権データ

特願平6/254570 1994年9月24日(24.09.94) JP  
 特願平7/52224 1995年3月13日(13.03.95) JP  
 特願平7/52225 1995年3月13日(13.03.95) JP  
 特願平7/214485 1995年8月23日(23.08.95) JP  
 特願平7/223531 1995年8月31日(31.08.95) JP

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

日本鋼管株式会社(NKK CORPORATION)[JP/JP]

〒100 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 Tokyo, (JP)

日本ファーンネス工業株式会社

(NIPPON FURNACE KOGYO KAISHA, LTD.)(JP/JP)

〒230 神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号 Kanagawa, (JP)

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)

藤井良基(FUJII, Yoshiki)[JP/JP]

石井俊夫(ISHII, Toshio)[JP/JP]

杉山峻一(SUGIYAMA, Shunichi)[JP/JP]

栗岡茂雄(KURIOKA, Shigeo)[JP/JP]

佐藤博明(SATO, Hiroaki)[JP/JP]

外堀昭徳(HOKABORI, Akinori)[JP/JP]

秋山俊一(AKIYAMA, Toshikazu)[JP/JP]

〒100 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

日本鋼管株式会社内 Tokyo, (JP)

田中良一(TANAKA, Ryoichi)[JP/JP]

松尾 護(MATSUO, Mamoru)[JP/JP]

宮田 誠(MIYATA, Makoto)[JP/JP]

〒230 神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号

日本ファーンネス工業株式会社内 Kanagawa, (JP)

(74) 代理人

弁理士 小林久夫, 外(KOBAYASHI, Hisao et al.)

〒105 東京都港区虎ノ門一丁目19番10号

第6セントラルビル 6F (木村・佐々木国際特許事務所)

Tokyo, (JP)

(81) 指定国

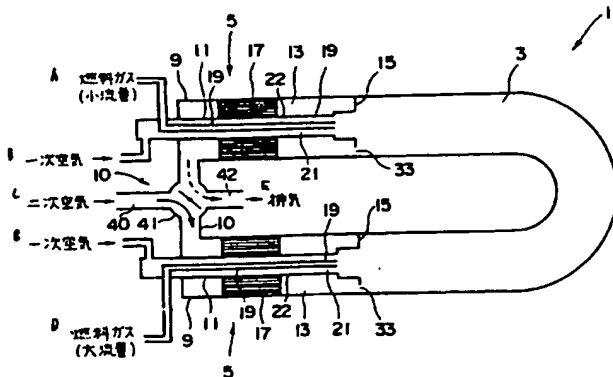
CA, KR, US, 欧州特許(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

添付公開書類

国際調査報告書

(54) Title: RADIANT TUBE BURNER AND METHOD OF OPERATING RADIANT TUBE BURNERS

(54) 発明の名称 ラジアントチューブバーナ、及びラジアントチューブバーナの燃焼方法



A ... fuel gas (low flow rate)  
 B ... primary air  
 C ... secondary air  
 D ... fuel gas (high rate)  
 E ... waste air

## (57) Abstract

This invention relates to a radiant tube burner used for heating a heating furnace, and aims at minimizing the occurrence of NOx during combustion and forming the radiant tube burner to a structure suitable therefor. This invention aims at simplifying the controlling of a fuel supply system and an air supply system, and preventing the necessity of a coking operation. This invention also aims at providing a combustion control method suitable for a radiant tube burner. To achieve these objects, the free ends of fuel nozzles in the present invention, for example, nozzles (11) serving also as pilot nozzles and air throats (13) are disposed in the end portions of a radiant tube (3), and combustion air ejection ports (33) of the air throats (13) are provided eccentrically so as to contact or get close to an inner circumferential wall surface of the radiant tube (3). A controller (307) for subjecting the burner to alternating combustion is also provided.

(57) 要約

加熱炉等の加熱に用いられるラジアントチューブバーナに関し、燃焼に伴うNOx発生を抑制を図ると共に、構造をラジアントチューブバーナ装置に好適なものにする。また、燃料供給系や空気供給系の制御を単純なものにすると共に、コーキングの防止を図る。さらに、ラジアントチューブバーナに好適な燃焼制御方式を提供することを目的とする。

このため、本発明では燃料ノズル例えばパイロットバーナ兼用ノズル(11)と、エアースロート(13)との各先端を、ラジアントチューブ(3)の端部内に配置すると共に、エアースロート(13)の燃焼用空気噴射口(33)を、ラジアントチューブ(3)の内周壁面に内接あるいは接近するように偏位させて設けた。またバーナを交番燃焼させる制御装置(307)を設けた。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AL	アルバニア	DK	デンマーク	LK	スリランカ	PT	ポルトガル
AM	アルメニア	DE	ドイツ	LR	リベリア	RO	ルーマニア
AU	オーストラリア	EE	エストニア	LS	レソト	RU	ロシア連邦
AZ	アゼルバイジャン	ES	スペイン	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
BB	バルバドス	FI	フィンランド	LV	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
BE	ベルギー	FR	フランス	MC	モナコ	SI	スロヴェニア共和国
BG	ブルガリア	GB	イギリス	MD	モルドバ	SK	スロヴァキア共和国
BJ	ベナン	GE	グルジア	MG	マダガスカル	SN	セネガル
BR	ブラジル	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴ	SZ	スワジランド
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ		スラヴィア共和国	TD	チャド
CA	カナダ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TG	トゴ
CF	中央アフリカ共和国	IE	アイルランド	MN	モンゴル	TJ	タジキスタン
CG	コンゴ	IS	アイスランド	MR	モリタニア	TM	トルクメニスタン
CH	スイス	IT	イタリア	MW	マラウイ	TR	トルコ
CI	コート・ジボアール	JP	日本	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CM	カメルーン	KE	ケニア	NE	ニジェール	UA	ウクライナ
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NL	オランダ	UG	ウガンダ
CZ	チェコ共和国	KR	大韓民国	NO	ノルウェー	US	米国
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	NZ	ニュージーランド	UZ	ウズベキスタン共和国
		LI	リヒテンシュタイン	PL	ポーランド	VN	ヴェトナム

- 1 -

## 明 細 書

## ラジアントチューブバーナ、及びラジアントチューブバーナの燃焼方法

## [技術分野]

本発明は、工業用加熱炉や熱処理炉等における被加熱物の加熱用に使用されるラジアントチューブバーナ、及びラジアントチューブバーナの燃焼方法に関する。

## [従来の技術]

近年、蓄熱燃焼をラジアントチューブバーナに適用することが試みられている。蓄熱燃焼は、蓄熱体を利用して燃焼排ガスで燃焼用空気を高温に予熱し、この高温燃焼用空気を使って燃焼させるものである。そして、その際、ラジアントチューブの両端にバーナをそれぞれ取り付けて、これらを交互に燃焼させ、バーナを通過した燃焼排ガスを反対側の燃焼停止中のバーナのエアースロートを通して排気させる交互燃焼型バーナを構成することが考えられている。この交互燃焼型ラジアントチューブバーナにおいて、各バーナのエアースロートは、それぞれ蓄熱体に接続され、燃焼時には燃焼用空気が供給される通路として使用され、燃焼停止時には燃焼排ガスの排気通路として利用される。そして、各蓄熱体では、燃焼排ガスが通過するときにはその熱を回収し、燃焼用空気が通過するときには蓄えられていた熱で燃焼用空気を燃焼排ガスの温度付近の高温に予熱する。

しかし、一般に蓄熱燃焼を行う場合、燃焼用空気の予熱温度が高温、例えば800℃以上となりNO<sub>x</sub>が増大する。このため、燃焼用空気の流れに対して燃料を2段階に分けて噴射し燃焼を行う所謂燃料2段階式燃焼法（米国特許第4,856,492及び米国特許第4,870,947）や、燃料の流れに対して空気を2段階に分けて噴射し燃焼を行う所謂空気多段階式燃焼法を採用してNO<sub>x</sub>の発生を抑制することが考えられている。

しかしながら、ラジアントチューブバーナでは、一般に口径90～200mm程度の比較的小径の耐熱合金製ラジアントチューブ内に燃料ノズルを挿入しかつエアースロートを形成するため、上述の各燃焼方法の実施が困難である。即ち、

燃料二段式燃焼法では、一次燃焼の後流側で二次燃料を噴射させる二次燃料ノズルを設けることが必要であるが、ラジアントチューブ内の狭い空間内で一次燃焼室の外側または内側に二次燃料ノズルを設けることは困難を極める。また、空気多段式燃焼法では、一次燃焼ゾーンの下流側にまで二次空気を供給する流路を確保するため、二重円筒構造を採ることが必要不可欠であるが、限られたスペースしかないラジアントチューブ内ではその配置は困難を極めている。このため、上述の各燃焼方法の $\text{NO}_x$ 低減原理を充分に生かすことが難しい。

また、燃料二段式燃焼法や空気多段式燃焼法を実施するためには、一次と二次の燃料供給系あるいは空気供給系を必要とし、それらの制御が複雑なものになると共にバーナ構造も複雑なものとなるという問題を有している。

さらに、交互燃焼を実施するバーナシステムでは、その構造上、燃焼させていない方のバーナの燃料ノズル内に燃料が残ってしまう。このため、燃料ノズルの断熱構造が十分でないと、エアースロートを通して排気する高温の燃焼排ガスのために残留燃料が加熱されて炭化する所謂コーキングを起こす問題も含んでいる。そして、 $\text{NO}_x$ 生成を抑制するための様々な発明がなされている中であって、例えば、特開昭62-242711号公報では、バーナ内に水を添加することによって $\text{NO}_x$ 生成の低減が可能であることを開示している。また、特開昭63-116011号公報では、1次空気の旋回流で高負荷燃焼させることにより良好で安定した燃焼を行い、ラジアントチューブ内でソフトな2段燃焼を行わせることにより $\text{NO}_x$ 生成の低減が可能であることを開示している。また、特開平3-11202号公報ではベンチュリー機構を設け、排気ガスを流量制御しながら再循環することにより $\text{NO}_x$ 生成の低減が可能であることを開示している。

しかしながら、ラジアントチューブバーナでは、比較的小径のラジアントチューブ内にバーナガンを挿入するため、上述の各燃焼方法の実施が困難である。即ち、燃料2段式では、一次燃料を燃焼させた後にこの下流側で二次燃料を燃焼させるため、一次燃焼室の外側（又は内側）に二次燃料噴射口に延びる燃料供給路を設ける必要がある。また、空気多段式燃焼法では、一次燃焼領域の下流側にまで二次空気を導く必要があり、二重構造の空気通路を設けなければならない。これらのため、上述の各燃焼方法を実施するためには、バーナ自体が大型化すると

共にその構造が複雑になり、これらの燃焼方法をラジアントチューブバーナに適用することが困難であった。

また、燃料２段式燃焼法や空気多段式燃焼法を実施するためには、パイロットバーナに通じる燃料供給系や空気供給系等の制御に加え、一次、二次燃料系と空気系、又は一次、二次空気系と燃料系の制御が必要となり、したがって、これらの制御が複雑なものになるという問題もあった。

さらに、交換燃焼を実施するバーナでは、その構造上、非作動側バーナの燃料通路内に燃料が残ってしまうが、非作動側のバーナを介して高温の排気ガスを排気する際、燃料通路内の残留燃料が加熱されて炭化し、所謂コーキングが発生するという問題があった。

なお、前記特開昭６２－２４２７１１号公報の方法は、直接的に燃焼ガスを冷却するため火炎温度は低減できる。しかしながら、添加した水の蒸発潜熱および排気ガスとして放出される際に持ち出す水蒸気顕熱分の熱量を水添加を行わない場合に比べ余分に供給する必要があるため熱効率が低下することとなる。また、特開昭６３－１１６０１１号公報の方法では、一旦、低空気比燃焼を行った（１次燃焼）後に空気を供給して再度燃焼（２次燃焼）を行わせるため、火炎温度を通常の燃焼より低下させることが可能であるが、流量制御を精度よく行わないと効果がなく、実施に当たっては、最適点が維持するための補修費、管理費が高騰してしまう欠点がある。また、排気ガスを循環する特開平３－１１２０２号公報記載の円筒状のラジアントチューブ内に同心的に排気ガスを混合した空気で燃料ガスを燃焼させる方法では、火炎温度低下、燃焼場における酸素濃度低下によって低 $\text{NO}_x$ 燃焼が可能であるが、バーナを含む機構が複雑かつ付属品を有するため設備費、補修費が高騰するなどの欠点がある。

また、従来のレキュペレータ方式による予熱空気温度の上限は５００℃程度であったが、上記交換燃焼によって９００℃以上の予熱空気温度を得ることを可能とした技術に属する特公平２－２３９５０号公報のものは、従来にも増して予熱空気温度が上昇することにより火炎温度が上昇し $\text{NO}_x$ 生成量が増大する等の問題がある。

ところで、本願発明者等は、 $\text{NO}_x$ 生成量が燃焼用空気流速に反比例すること

を知見した（図1 参照）。この結果を従来のラジアントチューブバーナに適用しようとしても、従来のラジアントチューブバーナに適用されるレキュペレータ方式で得られる予熱空気温度は500℃程度で、ラジアントチューブバーナ用燃料として用いられるCOG（コークス炉ガス：着火温度500～600℃程度）、LNG（着火温度：550～650℃程度）には十分な着火エネルギーを有する予熱空気ではない。従って、燃焼反応で発生する熱エネルギー量より周囲に放散する熱エネルギー量の方が大きくなり、安定して燃焼可能な温度場の形成が不可能となり、安定燃焼はできず、火炎の浮き上がり（リフティング）、吹き消え状態が発生して高流速の燃焼用空気を用いるバーナが実用化できなかった。

レキュペレータ方式で得られる500℃程度の予熱空気温度で、燃焼用空気流速が燃料の燃焼速度の50～60倍程度とした低NO<sub>x</sub>燃焼方法である従来型のバーナを、炉内温度900℃で、930℃程度の高温予熱空気を得られる炉に適用し、燃料ガスとしてコークス炉ガスを空気比1.3程度で、燃料ガスと空気を一度の混合で燃焼するとき、および1段目で不完全燃焼させ、2段目で1段目の排気ガスを完全燃焼させる2段燃焼での、予熱空気温度と排ガス中のNO<sub>x</sub>との関係については、図2に示す発明者らの燃焼実験結果から明らかなように、2段燃焼では十分な低NO<sub>x</sub>燃焼はできないことがわかる。

また、蒸気、水吹き込みでは、従来より高温の予熱空気を用いるため、吹き込み量を従来に比べ増大せねばならず熱効率低下によるランニングコスト増および設備費の高騰の問題があり、排気ガス循環方式を用いた場合も高温予熱空気により低NO<sub>x</sub>燃焼を達成するには、図3に示すように、排気ガス循環量の増大により循環ファン電力費の増大、設備の複雑化による設備費、補修費の高騰の問題があり、経済的に有効な排気ガス中NO<sub>x</sub>濃度の低減は高温予熱空気による火炎温度の上昇により困難であった。

また、ラジアントチューブバーナの燃焼において燃焼温度が高い根本的な理由は、空気比が0.95～1.00程度の燃焼温度が最も高い領域が局所的に存在することである。発明者等は多くの燃焼実験と燃焼の数値シミュレーションにより、燃料と空気を予め混合したガスを燃焼させる予混合燃焼において、空気比1.4と空気比4.0で燃焼させる場合と、燃料と空気を個々に供給して燃焼させる

- 5 -

拡散燃焼において、空気比 1.4 と空気比 4.0 で燃焼させる場合とで比較検討を行った。その結果、図 4 に示すように燃焼領域での最高燃焼温度は予混合燃焼の場合には大幅に変化しているのに対して、拡散燃焼の場合には最高燃焼温度の差は小さい。つまり、拡散燃料では空気比を大きくしても燃料と空気の混合部には局所的に空気比が 1 近傍の領域が存在して、その領域で燃焼したガスは高温になることを示しており、予混合燃焼では何処にも空気比が 1 近傍の領域が存在しないことから最高燃焼温度は空気比に依存することを明らかにした。

しかしながら、工業的に予混合燃焼は爆発の危険性があるために標準的には使用されておらず、拡散燃焼において NO<sub>x</sub> 低減を達成させなければならない。

本発明は、燃焼に伴う NO<sub>x</sub> 発生を抑制を計ることができると共に、構造が簡単で、燃料供給系や空気供給系の制御を単純なものにでき、さらに、燃料のコーキングの防止を計ることができるラジアントチューブバーナを提供することを目指す。

さらに近年、このラジアントチューブバーナに蓄熱式熱交換による排熱回収を行い高熱効率を達成する、①実公平 2-23950 号公報に代表される蓄熱式ラジアントチューブ方式のバーナが開示されている。

斯る蓄熱式ラジアントチューブ方式のバーナについて、図 5 を参照して説明する。ラジアントチューブバーナ 320 はラジアントチューブ 311 の端部に蓄熱体 312 が設けられ、ノズル 313 が蓄熱体 312 を貫通するように設けられ、燃料の供給と排ガスの排出が切替制御弁 314 を介してなされている。燃焼排ガスが蓄熱体 312 を通過する際に、燃焼排ガスの顕熱を蓄熱体 312 に蓄え、燃焼用空気が蓄熱体 312 を通過時に、蓄熱体 312 に蓄えられた熱を燃焼用空気に伝熱させて高温の予熱空気として炉内に供給して高熱効率を達成している。ラジアントチューブ 311 の端部に設けられた蓄熱式バーナを、燃焼状態と非燃焼状態を繰り返して交番燃焼させることによって熱効率を高めている。

また、両端に設置したバーナ 313 を交番燃焼させている。従って、従来の片側端部で 1 つのバーナを燃焼させるラジアントチューブバーナではラジアントチューブの長手方向に温度分布が生じていたが、両端に設置したバーナを交番燃焼させることでラジアントチューブの長手方向の温度分布が改善されるので、ラジ

アントチューブの寿命を延長する効果を有する。

また、②実開平6-65705号公報には、トライデント（三叉）型の蓄熱式ラジアントチューブバーナが提案されている。図6を参照して説明すると、ラジアントチューブ311は燃焼チューブ315と戻りチューブ316から構成され、燃焼チューブ315の端部にバーナ313が設けられ、戻りチューブ316の端部に蓄熱体312がそれぞれ設けられている。この蓄熱式ラジアントチューブバーナ322では、燃焼空気が直接バーナ313に供給されるとともに蓄熱体312を通して燃焼空気を予熱してバーナ313に供給され、燃焼排ガスはその顕熱を蓄熱体312に蓄積して炉外に排出されている。蓄熱体312には燃焼排ガスと燃焼空気が交差するように排ガスは排気路と燃焼空気供給路が直交するように形成されている。

しかし、従来例①の蓄熱ラジアントチューブバーナでは、蓄熱体を燃焼用空気、燃焼排ガスが通過する際の圧力損失がレキュペレータ（金属熱交換器方法）に比べて増大する。従って、燃焼用空気ブロワ及び燃焼排ガス吸引ファンの省圧能力を大きくしなければならず、設備の大型化を伴う欠点がある。また、熱効率的には省エネルギーとなるが、燃焼設備で使用する送風設備に要する動力経費が上昇する欠点がある。

また、従来例②のトライデント型の蓄熱式ラジアントチューブバーナでは、燃焼状態にあるチューブが常に同一であるために、蓄熱式ラジアントチューブバーナの熱効率の向上に寄与するものの、交互切替え燃焼（交番燃焼）によるラジアントチューブの長手方向の温度分布の均一化は十分に達成することができない。従って、温度分布の不均衡からラジアントチューブに異常な熱応力が働いて、ラジアントチューブの繰り返し歪みによって破損を生じ易くなり、寿命の延命効果を十分に発揮することができない欠点を有する。

本発明は、上記課題も解決する為になされたものであり、蓄熱式ラジアントチューブの圧力損失を低減することにより、燃焼用空気ブロワ及び燃焼排ガス吸引ファンの動力費用の削減が可能であるとともに、ラジアントチューブの長手方向の温度分布をより均一にすることができるラジアントチューブバーナを提供することを目的とする。



- 7 -

同時に本発明は、燃料ガスを完全燃焼させて熱効率を改善できるラジアントチューブバーナを提供することを目的とする。

#### [発明の開示]

本発明のラジアントチューブバーナは燃焼排ガスと燃焼用空気とを交互に蓄熱体に通過させることによって得られる高温の燃焼用空気を用いて燃焼させるラジアントチューブバーナにおいて、燃料を噴射する燃料ノズルと燃焼用空気を噴射するエアースロートとをラジアントチューブの端部内の平行に配置すると共にエアースロートの先端開口をラジアントチューブの内周壁面に内接あるいは近接するように偏位させて配置するようにしている。ここで、本発明のラジアントチューブバーナは、燃料ノズルとしてパイロットバーナ兼用ノズルを採用することが好ましく、また、エアースロートの噴射口をラジアントチューブの内周壁面に内接させることが好ましく、更に燃料ノズルをラジアントチューブの中央またはラジアントチューブの内周壁面に内接しない範囲で空気噴射口とは反対方向に偏心させることが好ましい。

また、本発明のラジアントチューブバーナは、ラジアントチューブに内装されるエアースロート用チューブの先端にラジアントチューブを塞ぐノズル支持体を一体に設け、該ノズル支持体に燃料ノズルの先端を挿入して支持する燃料ノズル用貫通孔を設ける一方、かつノズル支持体の周縁にラジアントチューブの内周壁面と内接する貫通孔を設けて該貫通孔をエアースロートの噴射口とすることが好ましい。また、本発明のラジアントチューブバーナは、ラジアントチューブを塞ぎ燃料ノズルの先端を挿入して支持する燃焼ノズル用貫通孔とラジアントチューブの内周壁面と内接する溝を周縁に有するノズル支持体をラジアントチューブ内に設け、ラジアントチューブと燃料ノズルとの間で形成されるエアースロートがノズル支持体の周縁の溝とラジアントチューブの内周壁面とで形成される孔をエアースロートの先端開口とすることが好ましい。

また、本発明のラジアントチューブバーナに用いられる蓄熱体は、通路断面積が一定でかつ直線的に流路が貫通しているハニカム状のセラミックスであることが好ましい。

更に、本発明は、これらの様に構成するバーナをラジアントチューブの両端に設置し、燃焼させていない方のバーナのエアースロートを通して燃焼排ガスを排気するようにして交互燃焼型ラジアントチューブバーナを構成している。そして、この交互燃焼型ラジアントチューブバーナは、燃料ノズルとしてパイロットバーナ兼用ノズルを用いることが望ましい。このパイロットバーナ兼用ノズルは、燃料ノズルの周囲に一次空気を流す一次空気流路を設けて、該一次空気流路にパイロット燃焼に適した量の一次空気をバーナの作動状態とは無関係に常に流す一方、パイロット火炎を維持するに十分な量の燃料がパイロット燃料として常に流れされると共に燃焼時と燃焼停止時とで噴射燃料が切り替えられ、主燃焼とパイロット燃焼とが継続するようにしたものであることが望ましい。

したがって、請求項1記載のラジアントチューブバーナでは、ラジアントチューブの管壁に沿って燃焼用空気が噴射され、その流れはラジアントチューブの全横断面に分布せずに偏在したものとなる。このため、燃焼用空気が噴射された部分の反対側では負圧が生じて強力な排ガス再循環が起こると同時に、この排ガスと燃焼用空気と平行に噴射される燃焼ガスとが燃焼用空気の流れに誘引されて随伴され、徐々に燃焼用空気の流れに巻き込まれながら緩慢燃焼を起こす。

即ち、高温例えば約800℃以上に予熱された燃焼用空気は、常温時に比べて体積が膨張しているため、常温の燃料に比べてかなりの高速度で噴出される。例えば、20～30 m/sの流速で噴出される燃料に比べて高温予熱空気は100 m/s以上の極めて速い流速で噴出される。このため、燃料はチューブ内に広がらず高速の燃焼用空気の流れに誘引されてチューブ内壁に沿って流れ、その間に徐々に燃焼用空気流に巻き込まれる。また、噴射口付近にまでラジアントチューブ内を逆流してくる燃焼排ガスの一部は燃焼用空気の流れに直接誘引されて巻き込まれ燃焼用空気の酸素濃度を低下させたり、場合によっては燃料噴流と燃焼用空気の噴流との間に巻き込まれてこれらが直ちに接触するのを防止する。したがって、緩慢燃焼しながら長炎を形成できるので、均一なヒートフラックスでチューブを加熱させることができ、ラジアントチューブの寿命を長くできる。

請求項2記載のラジアントチューブバーナでは、燃焼噴流の根元に絶えずパイロット火炎が形成されるため、燃焼用空気と燃料とが平行に噴射されても安定し

て火炎が形成され、燃焼排ガス巻き込み量を増やしてより低 $\text{NO}_x$ 化が図れる。

請求項3の発明では、燃焼用空気の流れと燃料の流れとの間に排ガスが巻き込まれ、燃焼用空気と燃料とが噴射直後に直ちにコンタクトするのを防ぐと共に燃料が拡散する部分の燃焼用空気の酸素濃度を低下させるので、より $\text{NO}_x$ の発生を抑制できる。

請求項4あるいは5記載の発明では、燃料ノズルの先端をラジアントチューブ内のノズル支持体に挿入すると、この燃料ノズルのラジアントチューブ内における位置が決められると同時に、燃料ノズルから完全に隔離されたエアースロートが形成される。そして、ノズル支持体の周縁の貫通孔ないし溝とラジアントチューブとがエアースロートの先端開口を区画して形成するので、ラジアントチューブ内にノズル支持体を固定するだけで、このラジアントチューブに内接したエアースロートの先端開口が形成される。しかも、燃料ノズル支持体はバッフルとして機能する。これらの理由により、ラジアントチューブバーナの製造が容易になる。

請求項6記載の発明では、蓄熱体としてハニカム形状のセラミックスを用いるため、燃焼用空気あるいは排ガスの流れの淀みをなくすことができ、かつ排気と給気の相反する方向の流れが交互に起きることにより流路の自己洗浄作用（逆洗）が働き、蓄熱体内に排ガス中のダストが付着するのを防止できる。

更に、上述のバーナをラジアントチューブの両端に設置して交互に燃焼させるようにした請求項7の発明では、熱効率の向上を図ることがきラジアントチューブを通過した燃焼排ガスが燃焼停止中のバーナのエアースロートを経て排気され蓄熱体へ導かれる。

請求項8記載のラジアントチューブバーナでは、燃焼させていない方のラジアントチューブバーナの燃料ノズルはパイロット火炎を形成しているため、燃料ノズルそのものは一次空気及び燃料で冷却され、高温の燃焼排ガスによって加熱されることを防止でき、コーキングの発生を阻止することができる。しかも、停止中のバーナを作動させるには、燃焼用空気の流れを切り替えてバーナスロートに流す一方、燃料ノズルに流す燃料の量を増やすだけで良い。

さらに、本発明のラジアントチューブバーナは、ラジアントチューブの内径方

- 10 -

向に燃焼用空気噴射口と燃料噴射口とから相互に離間するように、燃焼用空気噴射口またはおよび燃料噴射口が偏心して配置されていることを特徴とするものである。

また、燃焼用空気噴射口の横断方向形状が円形であることを特徴とするものである。

また、燃焼反応によって生じる火炎の最高温度点がラジアントチューブが支えられている炉壁厚を超えた位置の炉内で発生することを特徴とするものである。

また、燃焼用空気噴射口から噴出する空気温度が燃料の着火温度より100℃以上高いことを特徴とするものである。

また、燃焼用空気を燃料の燃焼速度の110倍以上の高速で噴出することを特徴とするものである。

また、燃焼用空気噴射口または燃料噴射口の吐出口を偏心させ、且つ一酸化炭素および炭化水素化合物からなる混合ガスを燃焼させる燃焼用空気の流速を110m/sec以上としたことを特徴とするものである。

請求項9記載のラジアントチューブバーナでは、燃焼用空気噴射口から噴射された空気の偏心した流れ、またはおよび燃料噴射口から噴射された燃料の偏心した流れに起因する渦流を発生させ、ラジアントチューブ内に排気ガスの自己循環を行なわせる。この結果、排気ガスが還流して燃焼用空気を包み込み、またはおよび燃焼用空気に混合してこれを希釈するので、ラジアントチューブ内の燃焼を徐々に進行させて燃焼反応時間を遅延させ、局所的な高温部分を減少させ、且つ高温部分の存在時間を短くし、NO<sub>x</sub>の生成を低減することができる。燃焼用空気噴射口と燃料噴射口の偏心による間隔に比例して排気ガス中のNO<sub>x</sub>濃度が低減する割合が増加する。また、ラジアントチューブバーナ内にバーナガンと燃焼用空気通路を配置すればよいので、バーナを細く形成でき、好適なラジアントチューブバーナを形成できる。

請求項10記載の発明では、燃焼用空気噴射口が円形であるから燃焼用空気噴流の外周長が他の形に平べて最小になり、したがって燃焼反応面の形成が小さくなり燃焼反応距離が遠くまで広範囲で発生するので、燃焼反応を穏やかに行うことを可能とし、火炎内での局部高温域を広範囲、且つ低温化させることができ、

NO<sub>x</sub>の生成を低減することができる。

請求項11記載の発明では、燃焼反応によって生じる火炎の最高温度点を炉壁厚を超えた炉内の位置に発生させるようにしたので、燃焼反応によって発生した熱エネルギーが炉内に放出され、火炎温度の過度な上昇を防止することができ、NO<sub>x</sub>の生成が低減されるとともに、ラジアントチューブバーナ全体の長寿命化が図れる。

請求項12記載の発明では、燃料が混合したことによる温度低下があっても、混合後の温度を、燃料の着火温度以上に確保できるので、火炎の浮き上がり、吹き飛びによる失火の発生を防止することができる。すなわち、予熱された燃焼用空気の温度は、燃焼直前に、燃料ガスとの混合、および周辺部への熱放散により温度低下するが、着火温度より100℃以上の高温予熱空気を用いることで、燃焼速度の110倍以上の高速空気での安定燃焼が可能である。ラジアントチューブバーナ用燃料として用いられるCOGの着火温度は500～600℃程度であり、LNGの着火温度は550～650℃程度であるが、これらの温度より100℃以上の高温予熱空気を用いることで、燃焼の3要素（可燃物、酸素、着火源）のうちの酸素、着火源の2要素を高温の予熱空気が具備することとなり、火炎の浮き上がり、吹き飛びによる失火の発生を防止することができ、バーナでの空気と燃料ガスの混合を強制的に行う必要もなくなる。従って、ラジアントチューブ内の広範囲で燃焼反応を穏やかに行うことが可能となり、火炎内での局部高温域を広範囲、且つ比較的低温とし、NO<sub>x</sub>生成の低域を実現することができる。

請求項13記載の発明では、燃焼用空気流速を使用燃料の燃焼速度の110倍以上とし、燃焼ガスが自己循環する排ガスで希釈される割合を増加せしめる。この結果、局所的に発生していた空気比が1.0付近の高温部分を大幅に減少させることができる。また、その部分の燃焼反応が高速で進行しないようにガス流速を確保して、高温部分の存在時間を短くして火炎温度を低下させることができる。予熱空気温度が上昇するにつれ排気ガス中のNO<sub>x</sub>濃度が増大する（図2参照）が、この増大する排気ガス中のNO<sub>x</sub>濃度は、燃焼用空気流速を上昇させることによって低減することができる（図1参照）。このことはラジアントチューブ内の燃焼時間を完全に燃焼反応が完了する時間より短くして、ラジアントチュー

ブ内の燃焼を非平衡状態とすることに因ってNO<sub>x</sub>低減を達成するもので、ラジアントチューブの長さや排気ガス流速から求まるNO<sub>x</sub>の生成を短時間化するように、反応を非平衡状態に保持して、排気ガス中のNO<sub>x</sub>を低減するものである。換言すれば燃焼反応が平衡状態で進行しないようにガス流速を確保して高温部分の滞留時間を短くすることである。

ところで、燃焼速度の110倍以上の高速の空気流速では、燃焼反応で発生する熱エネルギー量より周囲に放散する熱エネルギー量の方が大きくなり、火炎の浮き上がり（リフティング）、吹き消え状態が発生するが、着火温度より100℃以上の高温予熱空気を用いることで、これを防止し安定した燃焼状態が得られる。

また、燃料ガス流速を上昇させても排気ガス中NO<sub>x</sub>濃度低減効果が見られるが、燃焼用空気流速上昇に比べNO<sub>x</sub>低減効果が小さい。これは、燃料ガスと空気では密度に差があり、（密度）×（流速）<sup>2</sup>で表される噴出ガスの運動量の大小によるものと推定できる。

なお、燃料ガスとしてのCOG、およびLNG（都市ガス13A）の燃焼速度は、以下の式で算出される。

燃料ガスの燃焼速度をSM（cm/s）とすると、

$$SM = \frac{\sum [S_b]_i \cdot M_i \cdot A_i \cdot X_i}{\sum M_i \cdot A_i \cdot X_i} [1 - f \cdot (N_2 + N_2^2 + 2.5C_{O_2})] \quad \dots (1)$$

$$N_2 = \frac{[N_2] - 3.76 [O_2]}{100 - 4.76 [O_2]} \quad \dots (2)$$

$$CO_2 = \frac{[CO_2]}{100 - 4.76 [O_2]} \quad \dots (3)$$

- 13 -

$$f = \frac{\sum X_i}{\sum (X_i / f_i)} \quad \dots (4)$$

ここで、

$[S_b]_i$  : 単体ガスの最大燃焼速度

$M_i$  : 単体ガスの最適燃焼反応空気係数

$A_i$  : 単体ガスの理論空気量

$X_i$  : 単体可燃性ガスのVol %

$f_i$  : 単体可燃性ガスの不活性ガスによる燃焼速度減衰係数

$[N_2]$  : 混合燃料ガス中 $N_2$ のVol %

$[O_2]$  : 混合燃料ガス中 $O_2$ のVol %

$[CO_2]$  : 混合燃料ガス中 $CO_2$ のVol %

である。

上記(1)式に示したSMの計算に必要な各可燃性単体ガスの常数は表1の通りである。算出されたCOGとLNGの燃焼速度は表2に示す通りである。

以上のように、排気ガス中 $NO_x$ 濃度と燃焼用空気流速の関係は、燃料種によって変化するが、使用する燃料の燃焼速度と燃焼用空気流速の比と排気ガス中 $NO_x$ 濃度で整理するとほぼ相関がとれ、種々の燃料に対応した低 $NO_x$ 燃焼バーナの設計ができる。

表 1

SMの計算に必要な各可燃性単体ガスの常数

	$H_2$	CO	$CH_4$	$C_2H_4$	$C_2H_6$	$C_3H_6$	$C_3H_8$	$C_4H_{10}$
$[Sb]_i$	280	100	38	67	43	50	42	38
$M_i$	0.5	0.4	1.1	0.85	1.15	1.1	1.15	1.15
$A_i$	2.38	2.38	9.52	14.28	16.66	21.42	23.8	30.94
$f_i$	0.75	(1.0)	0.5	0.25	0.22	0.22	0.22	0.18

- 14 -

表 2

燃 料	燃 焼 速 度
COG	78.0 cm/s
都市ガス 13A	38.5 cm/s

請求項14記載の発明では、燃焼用空気噴射口またはおよび燃料噴射口の吐出口を偏心させ、且つ燃焼用空気を100m/sec以上の流速にし、アジアントチューブ内で大量の排気ガスを自己循環させる。この自己循環する排気ガスで燃焼ガスを希釈して火炎温度を低下させる。斯かる条件で水素、一酸化炭素および炭化水素化合物からなる混合ガスを燃焼させることによって、NO<sub>x</sub>発生量は減少し所望の値に低減できる（図7参照）。

また、局所的に発生していた空気比が1.0付近の部分を大幅に減少させるとともに、その部分の燃焼反応が高速で進行しないように燃焼用空気の流速を確保して高温部分の存在時間を短くする。

表 3

	最高燃焼温度	NO <sub>x</sub> 発生量
従来例	1,800℃	700ppm
本実施例		
空気100m/s供給	1,700℃	200ppm
空気200m/s供給	1,620℃	100ppm

請求項15記載のラジアントチューブバーナは、ラジアントチューブの両端のそれぞれに蓄熱式のバーナを設けたラジアントバーナにおいて、それぞれのバーナの半径方向中心部に燃料通路を、その外側には燃料通路径より大きい内径を持った燃焼用空気通路を備え、この燃焼用空気通路の途中で蓄熱体と、この蓄熱体



に引続き蓄熱体で予熱された燃焼用空気を旋回させながら噴出させる旋回手段を設けたことを特徴とするラジアントチューブバーナである。

請求項 16 の発明は前記燃料通路と前記旋回手段との間に、燃焼排ガスの循環流を流入させる循環流流入部を設けたことを特徴とするラジアントチューブバーナである。

これらの発明において、燃焼用空気は、ラジアントチューブの一端にある蓄熱体を通して予熱された後、旋回手段によって旋回力を与えながら、燃焼用空気通路からラジアントチューブ内に噴出され、遠心力によってラジアントチューブの内壁に沿って前進する。

一方、燃料ガス（気体燃料の場合で説明する）は、燃焼用バーナ中心部の燃料通路を通して、ラジアントチューブの軸芯方向に直線的に高流速で噴射される。燃焼用空気の旋回流の内径は、燃料ガスの流れの外径より大きな径となるので、両者の間には、ラジアントチューブの長手方向について相対的に負圧の部分が発生して、噴射方向と逆に向かう燃焼排ガスの循環流が形成される。噴射された燃料ガスの流れの中で最も外側にある燃料ガスが、この燃焼排ガスの循環流に乗って、引き戻されるような状態で燃焼用空気の旋回流に巻き込まれ、燃焼用空気と混合されて燃焼する。

前記燃焼排ガスの循環流は、循環しながら前方へと進行しているので、燃料ガスの流れの中で最初に巻き込まれた燃料ガスよりも内側にある燃料ガスは、最初に燃焼ガスが燃焼排ガスの循環流に乗った位置よりも前方の位置でこの循環流に乗り、次いで燃焼用空気に巻き込まれ、燃焼用空気と混合されて燃焼する。

このように、燃料ガスは一度に燃焼するのではなくて、燃料ガスの流れの中で燃焼用空気の旋回流に最も近いものから順次燃焼していくので、燃焼は緩慢燃焼となり、燃焼温度が高くないので、窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）の生成が抑制される。

さらに、燃焼排ガスの循環流を流入させる循環流流入部を設けると、燃料がこの燃焼排ガスの循環流に乗って循環流流入部に流入し、燃焼用空気と熱交換して燃焼用空気の温度を下げると共に、燃料が燃焼用空気の旋回流の開始点から燃焼用空気と混合されて燃焼するので、上述した緩慢燃焼がより促進されるので、窒

素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) の生成がより効果的に抑制される。

請求項 17 の発明は、ラジアントチューブに少なくとも 3 つ以上のバーナを備えることを特徴とするラジアントチューブバーナであり、発熱反応 (燃焼) を切り換えながら分散させて燃焼させるので、ラジアントチューブの長手方向の温度分布を均一にすることができる。

請求項 18 の発明は、ラジアントチューブが幹管と前記幹管に連設した枝管とからなり、前記枝管が 3 つ以上設けられ、前記枝管の端部にバーナを設けたことを特徴とするラジアントチューブバーナであり、各枝管にバーナを設けることによってラジアントチューブの枝管の長手方向の温度分布を均一にすることができ、ラジアントチューブの寿命の延長を図ることができる。

また、請求項 19 の発明は、前記幹管の内断面積が前記枝管の内断面積よりも大きいことを特徴とするラジアントバーナであり、幹管の内断面積が枝管の内断面積より大きくすることによって幹管での燃焼排ガス流速が低下し、幹管内での燃焼ガスの流れによって生じる圧力損失 (流体の摩擦によって生じる圧力損失) が減少し燃焼排ガスを排気する各枝管と幹管の燃焼排ガス圧力が均一化し、燃焼排ガスの流入、排出量バランスの均一化が可能であり、ラジアントチューブの圧力損失の低減ができる。

また、請求項 20 の発明は、バーナに蓄熱体を備えることを特徴とするラジアントチューブバーナであり、ラジアントチューブの枝管の長手方向の温度分布を均一にできるとともに、一層熱効率を高めることができる。

また、請求項 21 の発明は、バーナがある周期で燃焼状態と非燃焼状態を繰り返して交番燃焼することを特徴とするラジアントチューブバーナであり、蓄熱体での燃焼排ガスの顕熱回収、燃焼用空気への回収顕熱の放出が可能であり、蓄熱式熱交換が可能となり、高熱効率の燃焼装置となる。更に、各枝管に配置されたバーナが交番燃焼することで、更に、火炎が常に一定のチューブに存在しないように、ラジアントチューブのすべての枝管で同じような時間配分で燃焼、排気を繰り返すように制御され、各枝管間での表面温度差が生じないので、ラジアントチューブの温度分布を均一なものとするできるとともに、一層熱効率を高めることができる。

また、請求項 2 2 の発明は、前記バーナが交番燃焼し、燃焼バーナの数が非燃焼バーナの数より少ない構成で交番燃焼するように制御する制御装置を備えることを特徴とするラジアントチューブバーナであり、燃料が完全燃焼して、ラジアントチューブの枝管の長手方向の温度分布を均一にすることができるとともに、一層熱効率を高めることができる。

更に、説明を加えると、ラジアントチューブバーナでは、ラジアントチューブの両端に蓄熱を配置し燃焼用空気と燃焼排ガスを交互に排気する。この時、蓄熱体を通じた燃焼用空気流量に見合った燃焼排ガスを蓄熱体に送り込むので、単時間当たりの蓄熱体通過ガス流速は燃焼用空気通過時より燃焼排ガス通過時の方が大きくなる。これは、蓄熱体での平均ガス温度が空気よりも排ガスの方が高いことによるガス体の熱膨張によることと、ラジアントチューブのように完全燃焼させる場合、単位燃料当たりの燃料用空気量より発生する燃料排ガス量の方が多いうことに起因している。すなわち、燃焼用空気通過時に比べ燃焼排ガス通過時の方が蓄熱体での圧力損失が大きくなることを意味している。従来方式では蓄熱体通過損失の大きい排ガス通過時であったが、本発明方式では、燃焼バーナの数が非燃焼バーナの数より少ない構成で交番燃焼を行うことにより、蓄熱体通過損失が燃焼用空気通過時に決定され、従来方式より小さくなり給排気トータルの蓄熱バーナ圧損が減少して送風機動力が低減できる。

また、請求項 2 3 の発明は、ラジアントチューブに設けられたバーナの数に応じて、バーナの燃焼と非燃焼とを切り替える個数を総バーナの数のお二分の一以下とすることを特徴とするラジアントチューブバーナであり、蓄熱体通過損失が低減され、ラジアントチューブの枝管の長手方向の温度分布を均一にすることができるとともに、一層熱効率を高めることができる。

また、請求項 2 4 の発明は、蓄熱式のバーナが交番燃焼する際に、燃料の供給を停止してから所定時間遅延させて燃焼用空気の供給を停止することを特徴とするラジアントチューブバーナであり、CO ガスなどの有害物質を発生させることなく、ラジアントチューブの枝管の長手方向の温度分布を均一にすることができるとともに、一層熱効率を高めることができる。

更に、説明を加えると、交番燃焼を行うバーナの燃焼終了時は、燃焼と空気を

同時に供給を停止する場合は、空気不足で不完全燃焼によって一酸化炭素（CO）が発生するが、燃料の供給を止めてから0.5秒以上送らせて燃焼用空気の供給を停止することによって、燃料電磁弁からバーナノズルまでの配管中に残存する燃焼が残圧により噴出するが、燃焼用空気を流すことによって燃料が完全燃焼してCOが発生するのを防止して安定した交番燃焼を継続し得るものである。

さらに、ラジアントチューブバーナ燃焼方法に関する請求項25記載の発明はラジアントチューブの内径方向に燃焼用空気噴射口と燃料噴射口とが相互に離間するように、燃焼用空気噴射口またはおよび燃料噴射口を偏心させて配置し、ラジアントチューブ内へ送給した燃料ガスを非平衡状態で燃焼させることを特徴とするものである。

また、請求項26記載の発明はラジアントチューブの内径方向に燃焼用空気噴射口と燃料噴射口とが相互に離間するように、燃焼用空気噴射口またはおよび燃料噴射口を偏心させて配置し、ラジアントチューブ内へ送給した燃料ガスを非平衡状態で燃焼させ、その後ラジアントチューブの出口に設けた蓄熱室で燃焼させて平行状態にすることを特徴とするものである。

また、請求項27記載の発明はラジアントチューブの内径方向に燃焼用空気噴射口と燃料噴射口とが相互に離間するように、燃焼用空気噴射口またはおよび燃料噴射口を偏心させて配置し、ラジアントチューブ内の燃焼ガスの平均滞留時間を1秒以下の非平衡状態反応となるようにしたことを特徴とするものである。

また、請求項28記載の発明は、直管のラジアントチューブで非平衡状態の燃焼を行わせることを特徴とするものである。

請求項25記載の発明では、燃焼反応を穏やかに進行させて局部的に発生していた空気比が1.0付近の部分を大幅に減少させ、局部的な高温状態が現出するのを防止することにより、燃焼ガス温度を低下せしめ、窒素酸化物の生成を低減させる。

請求項26記載の発明では、燃焼反応を穏やかに進行させて局部的に発生していた空気比が1.0付近の部分を大幅に減少させ、局部的な高温状態が現出するのを防止することにより、燃焼ガス温度を低下せしめ、窒素酸化物の生成を低減させると共に、燃焼ガスの排熱回収を行なうことができる。

請求項 27 記載の発明では、燃焼反応を穏やかに進行させて局部的に発生していた空気比が 1.0 付近の部分を大幅に減少させ、局部的な高温状態の現出を防止することにより、燃焼ガス温度を低下せしめ、窒素酸化物の生成を基準値以下に制限することができる。

請求項 28 記載の発明では、燃焼反応を穏やかに進行させて局部的に発生していた空気比が 1.0 付近の部分を大幅に減少させ、局部的な高温状態が現出するのを防止することにより、燃焼ガス温度を低下せしめ、窒素酸化物の生成を基準値以下に制限することが安定した状態で極めて容易に達成できる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は燃焼用空気速度と燃料の燃焼速度の比と排気ガス中の  $\text{NO}_x$  量との関係を示すグラフ図である。

図 2 は単段燃焼および二段燃焼による予熱空気温度と排ガス中の  $\text{NO}_x$  濃度との関係を示すグラフ図である。

図 3 は排気ガス循環率と排気ガス中の  $\text{NO}_x$  濃度との関係を示すグラフ図である。

図 4 は拡散燃焼と予混合燃焼における空気比と最高燃焼温度との関係を示すグラフ図である。

図 5 は従来のラジアントチューブバーナの例を示す図である。

図 6 は従来のラジアントチューブバーナの例を示す図である。

図 7 は燃焼用空気速度と燃料の燃焼速度の比と排気ガス中の  $\text{NO}_x$  との関係を示すグラフ図である。

図 8 は本発明のラジアントチューブバーナの一実施例を示す概略図である。

図 9 は本発明のラジアントチューブバーナの部分断面図である。

図 10 は図 9 の矢印 III 方向からみたラジアントチューブバーナの側面図である。

図 11 はパイロットバーナ兼用ノズルの一例を示す断面図である。

図 12 は図 9 のラジアントチューブバーナの燃料供給系の一例を示すブロック図である。

図 13 は図 9 の矢印 V 方向からみたラジアントチューブバーナの断面図である。

図14は図9のラジアントチューブバーナの燃焼状態と供給される空気量との関係を示すタイムチャートである。

図15は図9のラジアントチューブバーナの燃焼原理を示す概念図である。

図16は図8のバーナシステムの交互燃焼の様子を示し、各ラジアントチューブバーナの作動関係を示すタイムチャートである。

図17は本発明のラジアントチューブバーナの他の実施例を示す断面図である。

図18は本発明のラジアントチューブバーナの更に他の実施例を示す断面図である。

図19は図18の矢印XI方向からみたラジアントチューブバーナの断面図である。

図20は本発明のラジアントチューブバーナの一実施例を示す概略構成図である。

図21は本発明のラジアントチューブバーナの部分断面図である。

図22は図21のラジアントチューブバーナの燃料供給通路を示す系統図である。

図23は図21の矢印V方向からみたラジアントチューブバーナの断面図である。

図24は本発明のラジアントチューブバーナの部分断面図である。

図25A～図25Fは本発明のラジアントチューブバーナの燃料噴射口および燃焼用空気噴射口の他の実施例を示す横断面図である。

図26A～図26Bは本発明のラジアントチューブバーナの燃料噴射口および燃焼用空気噴射口の部分断面図である。

図27は図21のラジアントチューブバーナの主燃焼の状態を示す概念図である。

図28A～図28Cは本発明の他のラジアントチューブバーナの説明図であって、図28Aはその構成図、図28Bは図28AのI-I断面図、図28Cは図28AのII-II断面図である。

図29は図28Aのラジアントチューブバーナを使用して燃料を燃焼させた場合の燃焼メカニズムの説明図である。

- 21 -

図30は本発明のラジアントチューブバーナの他の例を示す図である。

図31は図30の動作を示すタイミングチャート図である。

図32は本発明のラジアントチューブバーナの他の例を示す図である。

図33は本発明のラジアントチューブバーナの他の例を示す図である。

図34は図33の動作を示すタイミングチャート図である。

図35は図33の動作を示すタイミングチャート図である。

図36は図33の動作を示すタイミングチャート図である。

図37は本発明のラジアントチューブバーナの他の実施例を示す図である。

図38は図37の動作を示すタイミングチャート図である。

図39は本発明のラジアントチューブバーナの燃焼方法を適用した実証例の基本構成を示す説明図である。

図40は図39のⅢ-ⅢおよびⅣ-Ⅳ矢視図である。

図41はラジアントチューブバーナの交互燃焼の一例を示すグラフ図である。

図42はラジアントチューブ内での燃焼ガスの滞留時間とNO<sub>x</sub>濃度との関係を示すグラフ図である。

#### [発明を実施するための最良の形態]

図8に本発明を適用した交互燃焼型ラジアントチューブバーナの一実施例を示す。この交互燃焼型ラジアントチューブバーナ1は、ラジアントチューブ3とこのラジアントチューブ3の両端部に配置される一対のバーナ5、5及びこれら一対のバーナ5、5を交互に燃焼させるために燃焼用空気と燃料のパイロット燃焼分を除いた大部分を選択的に供給する燃焼用空気供給系と燃料供給系並びに排気系から構成されている。

ラジアントチューブ3は、本実施例の場合、U形チューブを例示している。このラジアントチューブ3の両端は、図9に示すように、炉壁7を貫通して炉外に位置されている。ラジアントチューブ3の両端にはフランジ3aが設けられ、該フランジ3aと炉壁7との間に断熱材製のスペーサ7bを介して炉壁7にチューブ3が固定されている。ラジアントチューブ3の炉壁7への固定は、図示していないが、通常、バングをチューブ側へ炉壁7にあけられた大き目の穴にチューブ

に取り付けた断熱材製バングをはめ込んで断熱材のシール部材で気密に塞がれている。

各バーナ5, 5は、蓄熱体17を内装するタイプであり、バーナボディ9と、パイロットバーナ兼用の燃料ノズル（バーナガン）11と、エアースロート（燃焼用空気通路）13及びノズル支持体15等より構成されている。なお、ノズル支持体15はバッフルとして機能し、安定火炎を形成する。また、ラジアントチューブ3の両端に配置される各バーナ5, 5は同じ構成とされている。したがって、一方のラジアントチューブバーナ5の構成について以下に説明する。

バーナボディ9は、本実施例の場合、L形の略円筒状を成しており、直角に折り曲げられた上側部分のフランジ9cを利用してラジアントチューブ3に取り付けられる。このバーナボディ9の上側部分には、燃料ノズル例えばパイロットバーナ兼用ノズル11を挿入するための孔9aが穿設され、ノズル11が貫通するように取り付けられている。また、このバーナボディ9内の空間はエアースロート13となっており、このエアースロート13の途中には、複数の蓄熱体17が収容されている。各蓄熱体17は、バーナボディ9の下向きに折れ曲がった下側部分に並んで配置されている。これによって、排気方向と重力方向とを一致させて燃焼排ガス中のダストなどが蓄熱体17内に滞留するのを防いでいる。各蓄熱体17, 17は、例えば、通路断面積が一定でかつ直線的に流路が貫通しているハニカム形状のセラミックス例えばコージライトやムライト等の使用が好ましい。このハニカム形状のセラミックスは熱容量が大きく耐久性が高い割に比較的圧力損失が低い。しかも、排気と給気とが交互に淀みなく行われる。このため、排ガス中のダストなどは、蓄熱体17, 17のハニカム形状の流路内に付着し難いし、付着しても逆洗されるため汚れることがない。更に、排ガスから熱を回収する際に排ガスが酸露点温度以下に低下してもセラミックスの表面に排ガス中のイオウ分やその化学変化物質が捕捉されて下流の排気系のダクトなどを低温腐食させることがない。

なお、各バーナ5, 5のバーナボディ9, 9は、ダクト10を介して回転四方弁などの4方向の流路切替手段41にそれぞれ接続されている。バーナボディ9の下端にはフランジ9bが形成されており、ダクト10にねじなどで固定されて



いる。

燃料ノズルとしては、パイロットバーナ兼用ノズル11が採用されている。このパイロットバーナ兼用ノズル11は、図11に示すように、燃料ノズル19と、一次エアースロート（パイロット燃焼用空気通路）21を構成する一次空気配管22及び図示していない点火プラグ等より構成されている。燃料ノズル19と一次空気配管22とは同心円状に配置されている。したがって、ノズルの構造は単純であり、比較的細く形成することができる。このパイロットバーナ兼用ノズル11によると、燃料ノズル（燃料通路）19の周りの一次エアースロート21には二次空気としてエアースロート13に流れる燃焼用空気の約10%程度の一次空気が流される。燃料ノズル19の先端部分には主たる噴射口20の他に周りの一次エアースロート21に向かって燃料の一部を噴射する噴射口18が開口され、燃料の一部をパイロット燃料として一次エアースロート21内に噴射し一次空気と良好に混合させて予混合気を得るように設けられている。そこに、図示していないイグナイタが設置されており、燃料ノズル19の噴射口20の周りに保炎源を形成できるように設けられている。

ここで、一次エアースロート21にはパイロット燃焼に適した量の一次空気がバーナの作動状態とは無関係に常に流される。また、燃料ノズル19にはパイロット火炎を維持するに十分な量の燃料がパイロット燃料として常に流されると共に燃焼時と燃焼停止時とで噴射燃料量が切り替えられ、主燃焼とパイロット燃焼とが継続するように構成されている。

このパイロットバーナ兼用ノズル11の燃料ノズル19には、例えば図12に示すような燃料供給通路23を介して図示しない燃料供給源が接続されている。この燃料供給通路23は、燃料ノズル19から噴射される燃料の量を制御する制御弁25と、この流量制御弁25を迂回するバイパス通路27が設けられ、更に、バイパス通路27には、パイロット燃料として十分な量の燃料が通過させられる流量制御弁29及び遮断弁31が設けられている。したがって、燃料供給源から供給される燃料は、流量制御弁25が閉じている場合であってもバイパス通路27を介して燃料ノズル19に供給される。しかしながら、バイパス通路27では、流量制御弁29がバイパス通路27内の燃料の流量を制限し、燃料ノズル11に

供給される燃料を、燃料ノズル 11 がパイロット燃焼を行うのに最低限必要な量に調整する。

このパイロットバーナ兼用ノズル 11 は、バーナボディ 9 の孔 9 a からラジアントチューブ 3 内に挿入されている。したがって、パイロットバーナ兼用ノズル 11 の周りの空気が二次空気として流される高温に予熱された燃焼用空気のエアースロート 13 になる。パイロットバーナ兼用ノズル 11 の先端は、炉壁 7 内面の近傍位置にまで達し、詳しくは後述するノズル支持体（バッフル）15 で支持されている。

また、パイロットバーナ兼用ノズル 11 の一次エアースロート 21 には、図示しない一次空気供給源が接続されており、燃料ノズル 19 がパイロット燃焼を行うのに最低限必要な量の一次空気が常に供給されている。一次空気としては、蓄熱体を通過しない冷たい空気が使用される。この一次空気と二次空気として供給される高温の燃焼用空気とを合わせて空気比は決定される。

ノズル支持体 15 は、例えば、ラジアントチューブ 3 内の炉壁 7 の内側の面に対応する位置に配置されている。通常、炉壁で囲われたバング部分は放熱できないので、炉内側で火炎が形成されるように設けられている。このノズル支持体 15 は、バッフルプレートとして機能する円板部 15 a と、この円板部 15 a の全周縁からパイロットバーナ兼用ノズル 11 の方向に向けて延びる空気通路用チューブ 15 b とから構成され、これらは一体的に成形されている。円板部 15 a 及び空気通路用チューブ 15 b の直径は、ラジアントチューブ 3 の内径と略同一値に設定され、空気通路用チューブ 15 b をラジアントチューブ 3 内に装入することによって円板部 15 a でラジアントチューブ 3 内を閉塞しかつエアースロート 13 を形成する。

この円板部 15 a には、図 13 に示すように、周縁の貫通孔 15 d 及びパイロットバーナ兼用ノズル 11 側へ突出する円筒状のフランジ 15 e によって形成される燃料ノズル用貫通孔 15 c が設けられている。貫通孔 15 d は、円板部 15 a の周縁部分を、図 13 に示すように、半月状に切り欠くようにして空気通路用チューブ 15 b の一部にかけて穿たれた穴である。この貫通孔 15 d は、ラジアントチューブ 3 と共にエアースロート 13 の燃焼用空気噴射口 33 を形成する。

即ち、高温に予熱された燃焼用空気を二次空気として流すメインのエアースロート13の燃焼用空気噴射口33は、ラジアントチューブ3の内周壁面に内接するように偏位して設けられている。これにより、後述する高温の燃焼用空気は、燃焼用空気噴射口33よりラジアントチューブ3の内周壁面に沿って噴出され流れる。なお、本実施例における貫通孔15dは、必ずしもチューブ内周壁面に内接しなくともほぼそれに近い状態にまで接近していれば十分な効果が得られる。

また、円板部15aの燃料ノズル貫通孔15cは、管中心あるいはチューブ内周壁面に内接しない範囲で燃焼用空気噴射口33とは反対側に偏位している。燃料ノズル貫通孔15cの直径は、パイロットバーナ兼用ノズル11の先端の外径と略同一寸法値に設定されている。また、燃料ノズル貫通孔15cの周縁は、バーナボディ9に向けて延出し、フランジ15eを構成している。パイロットバーナ兼用ノズル11の先端は、このフランジ15e内に挿入されて支持される。したがって、パイロットバーナ兼用ノズル11は、図9に示すように、ラジアントチューブ3内空間の上側に、ラジアントチューブ3と略平行に配置され、その先端は燃焼用空気噴射口33と離れて位置している。

なお、各バーナ5、5のエアースロート13、13には、四方弁41を介して燃焼用空気供給系40と排気系42に連結され、一方のバーナ5を給気系40に接続すると他方のバーナ5が排気系42に接続される。

ここで、一次空気及び二次空気とバーナ5の作動との関係を図14に示す。バーナ5が作動する燃焼モードでは、一次空気に加えて二次空気も圧送されており、したがって、このバーナ5には、燃焼を行うのに適した量の燃焼用空気が100パーセント供給される。この場合には、バーナ5の燃焼量は100パーセントに達する。

一方、バーナ5が非作動の燃焼停止状態となる排気モードでは、一次空気のみが圧送されている。したがって、このバーナ5には、パイロットバーナ兼用ノズル11がパイロット燃焼するのに適した少量の燃焼用空気が供給され、燃焼にほとんど影響を与えないパイロット火炎を形成するのみである。即ち、燃料ノズル11の一次エアースロート21には、バーナ5の作動状態とは無関係に常に一次空気が供給されている。

以上のように構成された一方のバーナ5は、以下のように作動する。

先ず、パイロット燃焼を行う場合には、燃料供給通路23の流量制御弁25は閉じたまま燃料をバイパス通路27を介して燃料ノズル19へ供給する。燃料ノズル19の周りの一次エアースロート21には、一次空気供給源から常に一次空気が圧送されているので、パイロット燃料と一次空気とがパイロット燃焼に適した空気比の予混合ガスになる。そして、この混合ガスを点火プラグで着火し、パイロット燃焼を行う（図8に示す上側のバーナ5の状態）。

燃料ノズル11がパイロット燃焼を行っている状態で空気供給源からの二次空気の供給を開始した後、燃料供給通路23の流量制御弁25を開いて燃料ノズル19に燃料を流す。つまり、燃料供給通路23の流量制御弁25が開かれると、燃料供給源から大量の燃料がパイロットバーナ兼用ノズル11の燃料ノズル19に供給される。

一方、燃焼用空気供給系40から二次空気として供給された空気は、各蓄熱体17、17を通過しながら予熱され、高温例えば800℃以上にされてエアースロート13内へ導入される。このため、二次空気は膨張してその流速を増し、燃焼用空気噴射口33から勢い良く例えば、100m/s位の速度で噴出してラジアントチューブ3の内周壁面寄りに偏在した高速の空気の流れを形成する。燃焼用空気噴射口33は、ラジアントチューブ3の内周壁面と内接ないし接近するように偏位して設けられ、またパイロットバーナ兼用ノズル11の先端が挿入された貫通孔15cから離れて配置されている。このため、図15に示すように、二次空気としての高速の燃焼用空気流A2は燃料流Fから離れてラジアントチューブ3の内周壁面に沿って形成される。したがって、ラジアントチューブ3内の燃焼用空気流A2の反対側では負圧が生じて燃焼排ガスGが渦巻くように逆流し、燃料と混合されてから更に燃焼用空気流A2に巻き込まれ、またこの燃焼排ガスGの流れが高速の燃焼用空気流A2を包み込み、燃焼用空気に取り込まれながら流れる。即ち、燃料と燃焼用空気とは十分に燃焼排ガスを巻き込んだ状態で徐々に燃焼しながらラジアントチューブ3内に延びるいわゆる緩慢燃焼を行う（図8に示す下側のバーナ5の状態）。緩慢燃焼は火炎温度の低下および酸素濃度の低下によりNO<sub>x</sub>生成の抑制を図る。

- 27 -

そして、この燃焼状態から燃料供給通路 2 3 の流量制御弁 2 5 を閉じると共に二次空気供給源からの二次空気の供給を停止しても、パイロットバーナ兼用ノズル 1 1 には依然として僅かの燃料と一次空気が供給され続けるためパイロット火炎を維持する。

このバーナ 5 においては、パイロットバーナ兼用ノズル 1 1 あるいは単なる燃料ノズルを装着する場合には、このノズル 1 1 をバーナボディ 9 の孔 9 a から空気通路用チューブ 1 5 b 内に挿入してその先端のノズル支持体 1 5 のフランジ 1 5 e 内にパイロットバーナ兼用ノズル 1 1 の先端を挿入することによってパイロットバーナ兼用ノズル 1 1 の先端の位置決めと支持を行う。そして、更にバーナボディ 9 のラジアントチューブ 3 への取り付けと同時に空気通路用チューブ 1 5 b のラジアントチューブ 3 内への装入によって、パイロットバーナ兼用ノズル 1 1 はラジアントチューブ 3 内空間の上側にラジアントチューブ 3 に平行に自動的に配設される。

さらに、このバーナ 5 のパイロットバーナ兼用燃料ノズル 1 1 では、燃料ノズル 1 9 の周りに常温の空気が一次空気として常に供給されており、また燃料も僅かながら流れているため、エアースロート 1 3 内を燃焼排ガスが流れてもその熱でコーキングを起こすことがない。

なお、他方のバーナ 5 も、上述したバーナ 5 と同様に構成され、同様に作動する。したがって、他方のラジアントチューブバーナ 5 についての説明は省略する。ただし、燃料供給源、一次空気供給源及び二次空気供給源については、一方のラジアントチューブバーナ 5 と同一のものを共有することが望ましい。

ここで、四方弁 4 1 を第 1 位置（図示する位置）に切り替えた場合には、一方のバーナ 5 の二次エアースロート 1 3 が二次空気供給源に接続されると共に、他方のバーナ 5 の二次エアースロート 1 3 が大気側に接続され、また、四方弁 4 1 を第 2 位置に切り替えた場合には、一方のバーナ 5 の二次エアースロート 1 3 が大気側に接続されると共に、他方のバーナ 5 の二次エアースロート 1 3 が二次空気供給源に接続されるように構成する。

このように作動するバーナ 5 をラジアントチューブ 3 の両端に設置して交互に燃焼させる交互燃焼型ラジアントチューブバーナ 1 は、次のように動作する。尚、

この動作説明に関し一方のバーナ5を説明の便宜上、Aバーナと呼び、他方のラジアントチューブバーナ5をBバーナと呼ぶ。

まず、Aバーナ側の燃料供給通路23の流量制御弁25を開き、Bバーナ側の燃料供給通路23の流量制御弁25を閉じると共に、Aバーナ側に燃焼用空気供給系40を、Bバーナ側に排気系42を接続するように四方弁41を切り替える。

これにより、Aバーナ側には大量の燃料と一次空気及び二次空気が供給され、燃焼する。一方、Bバーナのパイロットバーナ兼用ノズル11には少量の燃料と一次空気のみが供給され、パイロット燃焼が行われる。即ち、Bバーナは燃焼が停止されていても、パイロット燃焼に適した量の燃料及び一次空気が供給されてパイロット燃焼を継続している。

Aバーナの燃焼で発生した燃焼排ガスは、ラジアントチューブ3を加熱しながらBバーナ側に向けて流れる。そして、この燃焼排ガスは、Bバーナ側のノズル支持体15の燃焼用空気噴射口33からメインのエアースロット13内に流入し、四方弁41を介して排気系42へ誘引され、所定の排気処理が施された後大気に排出される。このとき、燃焼排ガスは、バーナボディ9内の蓄熱体17、17でその熱が回収される。したがって、各蓄熱体17の温度は上昇している。

そして、Aバーナが燃焼を開始してから所定時間T例えば、20～40秒位経過すると、Aバーナ側の燃料供給通路23の流量制御弁25が閉じる。そして、四方弁41が切り替わってAバーナ側が排気系42に、Bバーナ側が燃焼用空気供給系40に接続されてBバーナを掃気する。その後、Bバーナ側の燃料供給通路23の流量制御弁25が開いてBバーナ側に主燃料が供給される。

この様子を図16に示す。時点t1において、Aバーナが主燃焼を開始し、Bバーナがパイロット燃焼を開始する。そして、時間Tだけ経過した時点t2では、主燃焼を行っていたAバーナがパイロット燃焼に切り替わり、パイロット燃焼を行っていたBバーナが主燃焼を開始する。以後同様にして、所定時間Tの経過毎に、燃焼するバーナと燃焼停止するバーナとが切り替わり、本ラジアントチューブバーナ1は交互燃焼を実施する。

尚、上述の実施例は本発明の好適な実施の一例ではあるがこれに限定されるものではなく本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。例

例えば、AバーナとBバーナの切り替えを設定時間T毎に繰り返す構成としたがこれに限るものではなく、各蓄熱体17を通過した後の燃焼排ガスの温度を監視し、この温度が例えば、200℃位に達した時点で切り替える構成としても良い。

また、ノズル支持体15は、ラジアントチューブ3に内装される空気通路用チューブ15bと一体成形してバーナ取り付け時にチューブ3内へ組み込むようにしているが、これに限るものではなく、例えば、図17に示すラジアントチューブバーナ51のノズル支持体53のように、一枚の円板を打ち抜いて燃料ノズル貫通孔53cと周縁の溝53dを形成したものをラジアントチューブ3の内周面に溶接などで固定しても良い。

さらに、各蓄熱体17はバーナボディ9内の下側に並べて収容する構成としたが、図17に示すように、エアースロート13内、または図示していないがバーナボディ9と四方弁41とを接続するダクト10内に収容しても良い。エアースロート13内に収容するときには、図17に示すように、パイロットバーナ兼用ノズル11の周囲に並べて蓄熱体17を収容する。

また、ラジアントチューブバーナとしては、図18に示す形式のものでも良い。詳述すると、このラジアントチューブバーナ61では、ラジアントチューブ3の端部内に耐火材製スリーブ63を挿入している。スリーブ63の先端部分は厚肉部63aとなっており、図19に示すように、この厚肉部63aの孔即ちノズル貫通孔63bは、ラジアントチューブ3の中心よりも上側に僅かに偏位している。この孔63bには、パイロットバーナ兼用ノズル11の先端が挿入されており、したがって、燃料ノズル11の先端はこの厚肉部63aで位置決めされ支持される。

また、厚肉部63aの外周面の下端部分には、エアースロート13と部分的に繋がり長手方向に延びる溝63cが形成されている。この溝63cは、ラジアントチューブ3の内周壁面との間でエアースロート13の噴射口33を形成している。即ち、ラジアントチューブバーナ61のエアースロート13の出口は、先の例と同様に、ラジアントチューブ3の内周壁面に内接するように偏位している。また、本実施例では、エアースロート13の開口即ち燃焼用空気噴射口33はラジアントチューブ3の内周壁面に内接した例について主に説明したが、これに特

に限られずほぼ内接あるいは接近した状態でも空気噴流の反対側に排ガス再循環を起こさせることは可能である。最も、燃焼用空気噴射口 33 が内接しているときがより強い排ガス再循環を起こす。

なお、スリーブ 63 の先端面は、孔 63b の穿設されている部分よりも溝 63c が形成されている部分が三日月状に段部を成して凹んでいる。この段部の形状により、二次空気流の噴射角度や方向を所望の値に調整することができる。

また、本実施例では高温の燃焼用空気をバーナに連結ないし内装した蓄熱体を利用した交番燃焼によって得る場合について主に説明したがこれに特に限定されるものではなく、例えば燃焼用空気供給系と排気系に対し蓄熱体を相対的に回転させることによって、あるいは流路切替手段を用いて蓄熱体に対する流体の流れ方向を切り替えることなどによって、高温の燃焼排ガスの排熱を利用して燃焼用空気を高温に予熱したものを単一のバーナに連続的に供給し、連続燃焼させるようにしても良い。また、本実施例では燃料ノズルとしてパイロットバーナ兼用ノズルを採用しているが、これに特に限定されず、場合によっては燃料ノズルとは別個に燃料ノズルの噴射口近傍にパイロットバーナを設置するようにしても良い。更に、本実施例ではガス燃料を用いる場合について主に説明したがこれに特に限定されず、例えばオイルなどの液体燃料を使用することも可能である。更に、燃焼用空気は必ずしも 100 m/s 程度の高流速でなくとも、それよりも遅い流速であっても本発明は成立する。

図 20 は本発明の別のラジアントチューブバーナの一実施例を示している。図において、101 はラジアントチューブバーナで、略 U 字状に湾曲するラジアントチューブ 103、およびこのラジアントチューブ 103 の両端部に配設される一対のバーナ 105 等より構成されており、内部を燃焼ガスが通過して加熱され、その外表面から放射する輻射熱で加熱炉、熱処理炉等の内部を加熱する。

ラジアントチューブ 103 は、図 21 に示すように、その中間部を炉壁 107 に穿設された取付孔で支持し、端部を炉外に位置させるように、そのフランジ 103a が炉壁 107 外面に設けられた取付部 107b に固定されている。ラジアントチューブ 103 の両端部と炉壁 107 との隙間は、図示しないシール部材で気密に塞がれている。



ラジアントチューブ103の両端部に配設された各バーナ105は、バーナボディ109、バーナガン111、燃焼用空気通路113及びバッフル（ノズル支持体）115等より構成されている。なお、ラジアントチューブ103の両端に配設される各バーナ105は、互いに同様に構成されている。したがって、一方のバーナ105の構成について説明する。

バーナ105のバーナボディ109は略円筒状を成しており、上下方向に延びて、炉壁107から所定距離だけ離れて配置されている。そして、バーナボディ109の上側部分は、直角に折曲されて炉壁107に向けて延びている。このバーナボディ109には、バーナガン111を挿入するための孔109aが穿設されている。この孔109aは、折曲部分の炉壁107とは反対側の位置、さらに詳しくは、バーナボディ109の上端縁に近い位置に穿設されている。

また、このバーナボディ109内の空間は燃焼用空気通路113となっており、この燃焼用空気通路113の途中には、複数の蓄熱体117が収容されている。各蓄熱体117は、バーナボディ109の下側部分に並んで配置されている。各蓄熱体117は、例えば、比較的圧力損失が低い割りに熱容量が大きく、耐久性の高い材料（例えば、セラミックス）を筒形状に成形したハニカム状のものである。したがって、各蓄熱体117内を空気が通過することができる。この場合に通過空気は各蓄熱体117から熱を奪って昇温する。なお、バーナボディ109の下端には、フランジ109bが形成されており、ダクト（空気通路機構）110が固定されている。これにより、バーナボディ109内の燃焼用空気通路113は、空気通路機構110に接続される。また、バーナボディ109の先端にはフランジ109cが形成されており、ラジアントチューブ103と共に取付部107bに固定されている。

バーナガン111は、燃料通路119、パイロット燃焼用空気通路121及び図示しない点火プラグ等より構成されている。燃料通路119とパイロット燃焼用空気通路121とは、隣接して配置されている。即ち、パイロット燃焼用空気通路121内には、これと同心円状に燃料通路119が配置されている。したがって、バーナガン111の構造は単純であり、バーナガン111を比較的細く形成することができる。このバーナガン111は、バーナボディ109の孔109

aからラジアントチューブ103内に挿入されている。したがって、バーナガン111の周りの空間が燃焼用空気通路113になる。バーナガン111の先端は、炉壁内面の近傍位置にまで達し、詳しくは後述するバッフル115で支持されている。

バーナガン111の燃料通路119には、燃料供給通路123を介して、図示しない燃料供給源が接続されている。この燃料供給通路123を図22に示す。なお、その動作は図12の場合と同様なので省略する。

バッフル115は、例えば、ラジアントチューブ103内の炉壁107内面にほぼ対応する位置に配置されているが炉外方向に後退しても特段のことはない。このバッフル115は、円板部115aと、この円板部115aの全周縁からバーナガン111の方向に向けて延びる周壁115bより構成され、周壁115bにはフランジ103aと重なるフランジ135aに固定された内管を接続して、これらは一体的に成形されている。円板部115aの直径は、ラジアントチューブ103の内径と略同一に値設定され、円板部115aはラジアントチューブ103内を閉塞している。

この円板部115aには、図23に示すように、切欠115d及び小径孔115cが設けられている。円板部115aの切欠115dは、円板部115aの下端部分を半月状に切り欠いている。この切欠115dは、ラジアントチューブ103と共に燃焼用空気噴射口133を規定する。即ち、燃焼用空気噴射口133は、ラジアントチューブ103の横断面に対して偏心して設けられており、燃焼用空気はラジアントチューブ103内空間の偏心した位置に噴出する。

また、円板部115aの小径孔115cは、バーナボディ109の孔109aに対向している。小径孔115cの直径は、バーナガン111の先端の外径と略同一寸法値に設定されている。また、小径孔115cの周縁は、バーナボディ109に向けて延出し、円筒状部分115eを構成し、バーナガン111の先端が挿入されて支持される。したがって、バーナガン111は、ラジアントチューブ103と略平行に配置され、先端は燃焼用空気噴射口133と離間している。バッフル115の周壁115bは、ラジアントチューブバーナ103の内周面に固定されている。

なお、燃焼用空気通路113には、前述したように空気通路機構110が接続されており、この空気通路機構110を介して図示しない燃焼用空気供給源から適量の燃焼用空気が圧送される。

さらに、上記バーナガン111は、パイロット燃焼用空気通路121内に燃料通路119を配設することで、パイロット燃焼用空気通路121を燃焼通路119に隣接し設けている。バーナガン111の周りの空間は燃焼用空気通路113となっており、バーナ105が非作動の待機状態となっている場合には、この燃焼用空気通路113内を高温の排気ガスが流れる。しかし、パイロット燃焼用空気通路121内には燃焼前で低温の燃焼用空気が常に供給されており、また、燃料通路119内には、パイロット燃焼に必要な量の燃料が流れている。したがって、このバーナ105では、燃料通路119内の燃料が、燃焼用空気通路113内の排気ガスの熱で加熱され高温になることがない。

なお、他方のバーナ105も、上述した一方のバーナ105と同様に構成され、同様に作動する。したがって、他方のバーナ105についての説明は省略する。ただし、燃料供給源、燃焼用空気供給源及び燃焼用空気供給源については、一方のバーナ105と同一のものを共有することが望ましい。

この場合、燃焼用空気供給源に通じる空気通路機構110は、図20に示す四方弁141を備えることが望ましい。つまり、四方弁141を第1位置（図示する位置）に切り替えた場合には、一方のバーナ105の燃焼用空気通路113が燃焼用空気供給源に接続されると共に、他方のバーナ105の燃焼用空気通路113が大気側に接続され、また、四方弁141を第2位に切り替えた場合には、一方のバーナ105の燃焼用空気通路113が大気側に接続されると共に、他方のバーナ105の燃焼用空気通路113が燃焼用空気供給源に接続されるように構成する。

また、図24に示すように、バーナ105には燃焼用空気通路113内へ別に設けたパイロットバーナ112によってパイロット燃焼させるようにしてもよい。このパイロットバーナ112でパイロット燃焼させることによって、燃焼用空気が十分な着火源かつ酸素源となる温度、すなわち、燃料の着火温度より100℃程度以上の高温まで昇温するようにできる。さらに、温度測定器114を設けて

もよく、その結果、噴出される空気温度が監視できるので、着火時の安全性を確保し、燃焼用空気温度が燃料の着火温度より100℃ほど高温となるようにパイロットバーナ112の燃焼量を制御することができる。

そのほかに、バッフルプレート153に熱膨張率の高い材料を用いることで、燃焼用の空気が低温のときは、燃焼用空気噴射口133が大きくなり、空気流速を低速化し、温度上昇とともに燃焼用空気噴射口133が小さくなることで高速化を図ることができる。

また、図25A～図25Fに示すように、燃料噴射口119aおよび燃焼用空気噴射口133は、相互に離間しているように設けることに変わりはないが、双方の噴射口の横断面形状を円形で複数個設けること、周縁に沿って細長くすること等に変形してもよく、低NO<sub>x</sub>燃焼、設備費、維持費の低廉化を図ることなどができるが、燃料ガス供給口は空気との混合を高速に行うために円形よりもスリット形状の吐出口であることが望ましく、なお、燃焼用空気噴射口133においては、自己再循環流を大きくするためからも円形であることが望ましい。

また、図26A、図26Bに示すように、燃料噴射口119aと燃焼用空気通路133とは相互に離間させておいて、さらに燃料通路119を延伸させることによって、より低NO<sub>x</sub>燃焼させるようにしてもよい。

ここで、燃焼用空気とバーナ105の作動との関係は、すでに図14、16を用いて説明したものと同様であるので省略する。

ラジアントチューブバーナ101は上記のように稼働させるが、その燃焼状態を図27に示す模式図を用いて説明する。蓄熱体117から奪熱して高温になった燃焼用空気A2は、燃焼用空気通路113を通して偏心している燃焼用空気噴射口133から噴出する。一方、燃料ガスFは燃焼用空気噴射口133とは離間した位置にあってバーナガン111が接続された小径口115cから噴出され、ラジアントチューブ103内で燃焼用空気A2の高速噴流によって形成される自己循環流Gに巻き込まれながら燃焼する。このとき、燃料ガスFは、排気ガスを主体とする自己循環流Gと混合し、低カロリー化されることにより、燃焼時の火炎温度が低下し、低NO<sub>x</sub>燃焼が可能となる。さらに高速の空気噴流上で燃焼反応が起こるため、燃焼反応が遅延し、燃焼反応範囲が広がって、燃焼反応エネル

ギーが分散され、さらに火炎温度が低下し低 $\text{NO}_x$ 化が可能となる。また、燃焼反応が遅延し、燃焼反応範囲が広がったことに伴い、火炎の最高温度点を炉壁厚をこえた炉内の位置に発生させられるので、燃焼反応によって発生した熱エネルギーが炉内に放出されるので、火炎温度の過度な上昇が防止でき、この点からも低 $\text{NO}_x$ 化が可能となる。その上、高速な空気噴流によって排気ガスを主とする自己循環流が巻き込まれたことによる燃焼反応場での質量流量が増加し、さらに火炎温度が低下し低 $\text{NO}_x$ 燃焼化を可能にするものである。本発明と従来例とを示す表3から明らかなように、本発明によって燃焼温度を低下させ、 $\text{NO}_x$ の発生量を極めて少ない範囲に低減することができる。

ところで燃焼用空気流速を高速にすると、火炎の浮き上がり、吹き飛びによる失火の発生が予想されるが、燃料の着火温度以上の高温予熱空気であれば、燃焼空気流速（コークス炉ガス（以下COGと表記する）が $60\text{ m/s}$ ）でも失火が発生することはない。COGでは $150\text{ m/s}$ の高速でも燃焼可能であり、燃焼用空気流速の上限を実験上では確認できなかった。

尚、上述の実施例は本発明の好適な実施の一例ではあるがこれに限定されるものではなく本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。

例えば、ラジアントチューブバーナ101においては、各バーナ105の作動、待機状態の切り替えを、T時間毎に繰り返す構成としたがこれに限るものではなく、各蓄熱体117の温度を監視し、この温度が設定温度に達した時点で、各バーナ105の作動、待機を切り替える構成としても良い。

さらに、バーナ105においては、各蓄熱体117をバーナボディ109内の下側に並べて収容する構成としたが、主燃焼用空気通路113内、又は、これに接続される空気通路機構110の通路途中であれば各蓄熱体117の収容位置はこれに限るものではなく、例えば蓄熱体117をバーナガン111の周囲に並べて収容しても良い。

図28A～図28Cは本発明の別の例である蓄熱式ラジアントチューブバーナを示す。図28Aは、この蓄熱式ラジアントチューブバーナの構成図、図28Bは、図28AのI-I断面図、図28Cは、図28AのII-II断面図である。この蓄熱式ラジアントチューブバーナは、U字型に成形されたラジアントチューブ

201の両端部に、バーナ202が対向して挿入された構造となっている。バーナ202は、中心部に燃料を供給する燃料通路203とその回りにパイロット燃焼用空気を供給するパイロット燃焼用空気通路204を有するバーナガン205と、バーナガン205の回りに設けたそれより大きな内径を持った燃焼用空気通路206と、燃焼用空気通路206の途中に配置したハニカム状セラミック製の蓄熱体207と、同じく燃焼用空気通路206の途中に蓄熱体207によりも前方に配置し、約45度の角度を持った旋回羽根208と、燃焼ガスを逆流させないためのバッフル209と、バーナガン205、旋回羽根208およびバッフル209とで囲まれる循環流巻込部210とから構成されている。

この実施例において、燃焼用空気通路206の外径はラジアントチューブ201の内径よりも若干小さくして旋回した燃焼用空気が外側に広がるスペースを持たせている。

そして、一方のバーナ202で燃焼しているときには、他方のバーナ202で燃焼排ガスを吸引し、蓄熱体207を通して燃焼排ガスの保有する顕熱を蓄熱する。燃焼時には、蓄熱した蓄熱体207を通して燃焼用空気を予熱し、予熱した燃焼用空気を使用して、燃料を燃焼させる。

したがって、一方のバーナ202に燃料ガスと燃焼用空気を供給して燃焼しているときには、他方のバーナ202では、燃料ガスの供給を停止するとともに、蓄熱体207を通過した燃焼排ガスを排気することになり、燃焼用空気の供給と燃焼排ガスの排気とは、四方弁211を使用して切り換えを行っている。

上述した蓄熱式ラジアントチューブバーナを使用して、燃料の燃焼を行う場合のメカニズムを図29により説明すると、次のとおりである。すなわち、燃焼用空気は、燃焼用空気通路206に供給され、蓄熱体207を通過する間に、蓄熱体207に蓄熱した熱エネルギーにより、高温に予熱される。そして、旋回羽根208により旋回力を与えられ、旋回流212となる。燃焼空気がチューブ内に噴き出す時の流速は約50m/sである。燃焼空気は運動量を持っているので遠心力が働きラジアントチューブ201の内壁に沿った流れとなる。燃焼排ガスは他方のバーナから吸引されているので、燃焼空気は他方のバーナ202に向かって前進する。

一方、燃料ガスは、燃料通路203に供給され、燃料通路203の先端部203aからラジアントチューブ201内に、流速約100m/sで拡散的ではなく、直線的に噴出される。燃焼用空気の旋回流212と噴出された燃料の流れ213との間には、径の差による空間部がある。また、燃料・燃焼空気の流速はその後の燃焼排ガスの流速に比べ高速なので、燃焼部分に比べて相対的に負圧となる。したがって、燃料の燃焼によって発生した燃焼排ガスの一部は燃料の噴出方向と逆方向の、燃料通路に向かう循環流214が形成される。燃料の流れ213の一番外側に位置する部分213aが、この燃焼排ガスの循環流214に乗って、燃焼用空気の旋回流212の方向に運ばれ、燃焼用空気に巻き込まれて燃焼する。燃料の流れ213の一番外側に位置する部分213aよりも内側の部分213bは、一番外側に位置する部分213aよりも前方に進むが、燃焼排ガスの循環流214は循環しながら前進しているので、この部分も遅れて燃焼排ガスの循環流214に乗り、燃焼用空気の旋回流212の方向に運ばれ、燃焼用空気に巻き込まれて燃焼する。さらに、燃料の流れ213の内側の部分213cも同じようにして、燃焼排ガスの循環流214に乗り、燃焼用空気の旋回流212の方向に運ばれ、燃焼用空気に巻き込まれて燃焼するというように、順次燃焼する。

このように、燃料通路から噴射された燃料は、短時間で一度に燃焼するのではなくて、徐々に燃焼していくので緩慢燃焼となり、燃焼温度が上昇しないので、窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の発生が抑制される。

製鉄所の副製混合ガスを用いた実験によれば、従来の空気二段燃焼方式で450ppmの窒素酸化物が発生していたのと同じ条件を用いた本発明の方式の場合、約130ppmの窒素酸化物濃度となり、大きな $\text{NO}_x$ 低減効果が得られた。

上述した蓄熱式ラジアントチューブバーナには、バーナガン205、旋回羽根208およびバッフル209とで囲まれる循環流流入部210を設けている。このような循環流流入部210を設けたのは、燃焼排ガスの循環流214がこの循環流流入部210に流入し、燃焼用空気と熱交換して燃焼用空気の温度を下げると共に、燃焼排ガスの循環流214に乗った燃料ガスが、燃焼用空気の旋回流212の開始点から旋回流212に巻き込まれて燃焼するので、より効率的に窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の発生が抑制されることを実験的に確認したからである。

燃焼用空気が噴出する外径とラジアントチューブの内径の間に隙間を持たせてあるために、噴出した燃焼用空気は噴出時よりもさらに外側に広がり、負圧の部分が大きくなって循環流の巻き込み効果が大きくなるので、より効率的に窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の発生が抑制される。

本発明は、2段燃焼法と比較して、燃料・空気の吹き込み口が基本的に各1つなので構造が簡単となり、全ての径のラジアントチューブに適用できる。

また、本発明は、発生した燃焼排ガスがラジアントチューブの他端に達し、旋回羽を通過するので、円周方向に旋回しながら、バーナと対抗して配置してある蓄熱体を通過する。ラジアントチューブからの放熱などによって、ラジアントチューブ断面において燃焼排ガスに温度分布があった場合、旋回羽は燃焼排ガスの温度分布を均一化する作用をもつ。このため、蓄熱体に達した燃焼排ガスは、保有する熱エネルギーが均一に蓄熱され、蓄熱体の温度がより均一になるので、平均的に、より高温の予熱空気が得られる効果がある。

本発明は、ハニカム状のセラミック蓄熱体を用いたことにより、同一の熱効率のアルミニウムボール状蓄熱体と比較して蓄熱体の層の厚さが薄いことにより、燃焼用空気の圧力損失も少なく低動力で燃焼できる効果がある。

本発明は、蓄熱体を用いることで高温の燃焼空気が得られるので、着火遅れ等によるラジアントチューブ内の圧力が瞬時的に上昇する、いわゆる燃焼ショックも緩和されるので、安定して燃焼が行える効果がある。

上記は燃料が気体の場合について説明した。本発明は、霧化された液体燃料についても同様の構成・効果を持たせることができる。

図30は、本発明に係るラジアントチューブバーナの一実施例を示す図である。同図はトライデント型のラジアントチューブバーナであり、ラジアントチューブ310はチューブ301A～301Cが設けられ、これらのチューブの端部には蓄熱式のバーナA～Cがそれぞれ設けられている。バーナA～Cは蓄熱体302a～302cとこれらの蓄熱体を貫通するノズル306a～306cとによって形成されている。なお、チューブ301A～301Cの断面積は全てにわたって略等しい円形である。

ノズル306a～306cは燃料電磁弁303a～303cを介して燃料が供



給され、その燃焼用空気は空気電磁弁 304 a ~ 304 c を介してチューブ 301 A ~ 301 C の内に供給されるようになされている。また、燃焼排ガスは排ガス電磁弁 305 a ~ 305 c を介して炉（チューブ）外に排出されるようになされている。これらの電磁弁 303 a ~ 303 c, 304 a ~ 304 c, 305 a ~ 305 c はシーケンス回路を備える制御装置 307 によって開閉制御がなされている。また、各チューブの端部にはパイロットバーナが設けられている（図示なし）。

次に、図 31 のタイミングチャートを参照して、図 30 の実施例の動作を説明する。図 31 は図 30 の実施例の交番燃焼動作を示し、この動作は制御装置 307 によって自動制御されている。

まず、燃焼制御について簡単に説明すると、パイロットバーナを点火してバーナ A を燃焼させ、その時のチューブ 301 B, 301 C は蓄熱体 302 b, 302 c を介して燃焼排ガスを吸引・排気できる状態に設定されている。また、蓄熱式バーナ A ~ C の燃焼及び消火方法は、先ず、燃焼用空気を供給された状態で燃料を供給して点火し、消火は燃料の供給を遮断した後に、燃焼用空気を遮断するようにする。燃焼用空気と燃料の供給のタイミングの遅延は 2 秒である。この遅延時間は各バーナの燃焼前は燃焼排ガスを吸引しているので、空気電磁弁 304 a ~ 304 c からバーナまでの配管、蓄熱体 302 a ~ 302 c などに充満した燃焼排ガスを空気パージ（空気換気）する為の遅延時間である。また、燃料の不完全燃焼を防ぐための遅延時間である。従って、この遅延時間は燃焼排ガスを空気に置換する為に必要な時間である。

図 31 (1) に示すように、バーナ A を点火して燃焼状態とし、次にバーナ A を消火してバーナ B を燃焼状態とし、続いてバーナ B を消火してバーナ C を燃焼状態とする。このように順次に燃焼状態を切り替えながらラジアントチューブバーナを所定の温度に設定する。以下、その燃焼制御の詳細について説明する。

先ず、バーナ A の燃焼について図 31 (2) を参照して説明すると、時刻  $t_0$  で空気電磁弁 304 a を開いてチューブ 301 A 内に燃焼用空気を送り込むと同時に、排ガスを排気するために排ガス電磁弁 305 b, 305 c を開く。その後、燃料電磁弁 303 a を開いて燃料を送り込み燃焼を開始する。バーナ A の燃焼周

期は蓄熱体 302 a ~ 302 c の蓄熱容量に合わせて設定すればよく、この実施例では 30 秒間に設定した。その後、燃料電磁弁 303 a を閉じ、その 2 秒後の時刻  $t_1$  で空気電磁弁 304 a を閉じてバーナ B の燃焼に移行する。燃焼排ガスは排ガス電磁弁 305 b, 305 c が開かれているので、バーナ B, C 側から排気する。この遅延時間は、燃料電磁弁 303 a からバーナノズルまでの配管中に残存する燃料が残圧によって噴出するが、燃料供給を先に停止した後に、燃料用空気を遮断することによって燃料が完全燃焼させることが可能である。このように制御することにより、不完全燃焼による一酸化炭素ガス (CO ガス) が発生せずに安全な交番燃焼を継続させることができる。なお、この燃料供給先行停止期間を燃焼実験結果に基づいて 2 秒に設定したが、燃料電磁弁 303 a からバーナノズルまでの配管中に残存する燃料が残圧によって噴出しつくす時間以上に設定すればよく、少なくとも 0.5 秒程度は必要とする。

次に、バーナ A の燃焼状態が時刻  $t_0$  から  $t_1$  までの 30 秒間経過すると、バーナ B の燃焼に移行する。バーナ B はバーナ A と同様な操作がなされる。図 31 (2) を参照して説明すると、時刻  $t_1$  で空気電磁弁 304 a が遮断されると同時に、排ガス電磁弁 305 a が開かれ、バーナ B の空気電磁弁 304 b が開かれ、チューブ 301 B 内に燃焼用空気が供給される。排ガス電磁弁 305 c は開かれた状態を維持する。時刻  $t_1$  から 2 秒後に燃料電磁弁 303 b が開かれ、燃料が供給され、バーナ B は燃焼を開始する。チューブ 301 B 内の燃焼排ガスはバーナ A, C 側に吸引され、蓄熱体 302 a, 302 c に燃焼排ガスの顕熱が蓄積される。空気電磁弁 304 b から供給される燃焼用空気は蓄熱体 302 b を通過し、時刻  $t_0 \sim t_1$  間で蓄熱体 302 b に蓄積された回収熱によって燃焼用空気を予熱してバーナ B に供給される。時刻  $t_1 \sim t_2$  間はバーナ C は燃焼排ガス吸引状態を維持し、蓄熱体 302 c は、時刻  $t_0 \sim t_2$  間、燃焼排ガスの顕熱を蓄積している。バーナ B は時刻  $t_2$  に達するまうに燃料電磁弁 303 b を遮断して時刻  $t_2$  で空気電磁弁 304 b を遮断して消火状態とする。時刻  $t_2$  では排ガス電磁弁 305 b を開くと同時に、空気電磁弁 304 c を開き、排ガス電磁弁 305 c を閉じてバーナ C の燃焼に移行する。排ガス電磁弁 305 a は開いた状態を維持する。

バーナCは、時刻 $t_2$ で空気電磁弁304cを開き、その2秒後に燃料電磁弁303cが開かれて燃焼を開始する。空気電磁弁304cが開かれる時間は交番燃焼の切替時間が30秒であるので燃料電磁弁303cが開かれている時間は26秒間である。バーナCが燃焼状態にあるときは、排ガス電磁弁305a, 305bは開かれ、燃焼排ガスが炉外に排気される。その際に、排ガスの顕熱が蓄熱体302a, 302bに蓄積される。空気電磁弁304cから供給される燃焼用空気は蓄熱体302cによって予熱されてバーナCに供給される。そして、時刻 $t_3$ でバーナCを消火状態とし、バーナAを燃焼状態とする。以下、図31(1)で運転状況を示したように、バーナB, C, …を順次切り替えながら燃焼をラジアントチューブバーナの稼動停止又は休止まで継続する。

なお、消火時は、全ての燃料供給電磁弁303a~303c、及びパイロットバーナの燃料供給弁(図示なし)をオフ状態とし、バーナA, B, Cに燃焼空気のみを流して約90秒間交番燃焼状態の場合と同様に空気電磁弁及び排ガス電磁弁を作動させてチューブ内の燃焼ガスを空気パージする。

このように、排ガス電磁弁305a~305cが開かれている間は、そのチューブの蓄熱体は、排ガスの顕熱によって熱に蓄積され、空気電磁弁304a~304cが開かれている間は、そのチューブの燃焼用空気はその蓄熱体の回収熱によって予熱されて燃焼に供される。この実施例では、交番燃焼時間が30秒であり、遅延時間が2秒、そして、燃料供給先行停止期間が2秒であるので、燃料電磁弁303a~303cが開かれている時間は26秒である。このように交番燃焼させることによって、ラジアントチューブバーナの熱効率が改善されている。このように順次に燃焼チューブを切り替えて燃焼を継続する。

なお、本発明のラジアントチューブバーナは、短時間で点火・消火を繰り返す交番燃焼装置であるので、火災監視装置を設置して、安全対策が取られている。また、排ガスの煙道にはCO検出器を設置して不完全燃焼が監視されている。

次に、本発明のラジアントチューブバーナの他の実施例を図32に基づいて説明する。図32の実施例は、図30の実施例とラジアントチューブの形状が異なるが、他は図30と同一であり、同一部分には同一符号が付与されている。

同図に於いて、ラジアントチューブ310は幹管310Aとこの幹管から延び

る枝管（チューブ）301A～301Cとからなる。枝管301A～301Cの端部には蓄熱式バーナのA～Cが設けられている。燃料供給電磁弁303a～303c、燃焼用空気を制御する空気電磁弁304a～304c、及び排ガス電磁弁305a～305cは、図30の実施例と同一であり、制御装置307によって開閉制御がなされている。

枝管301A～301Cと幹管310Aの断面積は、（枝管内断面積）＜（幹管内断面積）の関係にある。幹管310Aを流動する燃焼排ガスの均圧（ヘッダー）の役割をしている。従って、バーナA～Bが交番燃焼し、例えば、燃焼排ガスが幹管310Aを通過してそれぞれ枝管301A、301Cを通過したとしてもそれぞれの枝管301A、301Cに流れる流量は略均等になる。この実施例では、（幹管内断面積）／（枝管内断面積） $\geq 1.5$ に設定されている。

なお、バーナA～Cは、図31で説明した交番燃焼動作を行うので、その説明は省略する。

次に、本発明のラジアントチューブバーナの他の実施例を図33に基づいて説明する。図33の実施例は、蓄熱式のバーナを四個備え、その個数に合わせて電磁弁の数が増加しているが、基本的構成は、図32の実施例と同一であり、図32と同一部分には同一符号が付与されている。

同図に於いて、ラジアントチューブ310は幹管310Aに枝管301A～301Dが設けられ、枝管301A～301Dの端部にH蓄熱式のバーナA～Dが設けられている。バーナA～Dは蓄熱体302a～302dとノズル306a～306dとによってそれぞれ形成されている。燃料、燃焼用空気のバーナへの供給及び排ガスの排気を行うための燃料電磁弁303a～303d、燃焼用空気を制御する空気電磁弁304a～304d及び排ガス電磁弁305a～305dが設けられている。これらの電磁弁は制御装置307によって制御されている。この実施例では、幹管310Aと枝管301A～301Dの断面積の関係は、（幹管内断面積）／（枝管内断面積） $\geq 2$ に設定されている。幹管310Aと枝管301A～301Dの断面積との関係をこのような関係に設定することにより、図32の実施例と同様な効果を有する。

この実施例の燃焼動作について、図34及び図35を参照して説明する。図3

3のラジアントチューブバーナでは、バーナA～Dの燃焼を、図34に示すように、バーナA, B, C, D順に切り換えて燃焼制御を行っている。この実施例の燃焼制御では、例えば、バーナAの一つが燃焼している場合に、他の三つのバーナB～D側に燃焼排ガスが吸引されるように動作している。その詳細なタイミカグチャートが図35に示されている。

図35に於いて、(1)～(4)はバーナA～Dの燃焼・排気動作を示している。まず、バーナAについて、図35(1)で説明すると、空気電磁弁304aを開き、その後、燃料電磁弁303aを開いてバーナAを燃焼状態とする。バーナB, C, Dは時刻 $t_0$ で排ガス電磁弁305b～305dを開き、燃焼排ガスを炉外に排気する。燃料電磁弁303aを閉じ、時刻 $t_1$ で空気電磁弁304aを閉じてバーナAを消火状態とし、排ガス電磁弁305aを開き、バーナC, Dの排ガス電磁弁305c, 305dは開いた状態を維持する。

次に、バーナBの燃焼動作は、図35(2)に示すように、時刻 $t_1$ で空気電磁弁304bを開き、燃料電磁弁303bを開いて燃焼状態とし、同時に排ガス電磁弁305bを閉じる。燃料電磁弁303bを閉じて時刻 $t_2$ で空気電磁弁304bを閉じてバーナBは消火する。同時に排ガス電磁弁305bを開いてバーナCの燃焼に移行する。

バーナCの燃焼動作は、図35(3)に示すように、時刻 $t_2$ で空気電磁弁304cを開き、燃料電磁弁303cを開いて燃焼状態とし、同時に排ガス電磁弁305cを閉じる。燃料電磁弁303cを閉じて時刻 $t_3$ で空気電磁弁304cを閉じて消火する。同時に排ガス電磁弁305cを開く。

続いて、バーナDの動作は、図35(4)に示すように、時刻 $t_3$ で空気電磁弁304dを開き、燃料電磁弁303dを開いて燃焼状態とし、同時に排ガス電磁弁305dを閉じる。燃料電磁弁303dを閉じて後に時刻 $t_4$ で空気電磁弁304dを閉じて消火する。同時に排ガス電磁弁305dを開く。この動作を繰り返して交番燃焼を行ってラジアントチューブバーナを加熱する。

図33のラジアントチューブバーナでは、図36に示すように、バーナA, B, C, Dの順に燃焼制御を行ってもよい。

次に、本発明のラジアントチューブバーナの他の実施例を図37に基づいて説

明する。図37の実施例は、五つに分岐したチューブに合わせてそれぞれに蓄熱式のバーナが設けられている。図33と同一部分には同一符号が付与されている。

同図に於いて、ラジアントチューブ310は、幹管310Aに枝管301A～301Eが設けられ、それらの端部に蓄熱式のバーナA～Eが設けられている。バーナA～Eは蓄熱体302a～302eとノズル306a～306eとによってそれぞれ形成されている。燃料、燃焼用空気のバーナへの供給及び排ガスの排気を行うための燃料電磁弁303a～303e、燃焼用空気を制御する空気電磁弁304a～304e及び排ガス電磁弁305a～305eが設けられている。これらの電磁弁は制御装置307により制御されている。

この実施例では、1本のバーナを燃焼させ、他の4本のバーナで燃焼排ガスを吸引する運転も可能であるが、図38に示すように、2本のバーナを燃焼させて、3本のバーナを燃焼排ガスを吸引するように運転した例を示している。ここの電磁弁の開閉動作は、先に説明した動作と同様である。無論、運転パターンは、図38のパターンに限定することなく、他のパターンであってもよいことは明らかである。

上述のように、本発明のラジアントチューブバーナは、様々な実施例を列挙して説明したが、幹管に何本の枝管を設けてもよい。また、燃焼状態と非燃焼状態とするバーナの組み合わせは任意である。

前述のように、(燃焼用空気通過時の蓄熱体圧損) < (排ガス通過時の蓄熱体圧損) の関係にあるので、燃焼バーナ本数は非燃焼バーナ(燃焼ガス吸引バーナ)より少ない本数で運転するのが装置の圧損を低減するのに効果的である。

また、本実施例では、ラジアントチューブの断面形状は円形のものが用いられたが、このようなパイプ状のもので構成する必要はなく、多角形の断面を持つもので構成してもよい。

更に、フィンを取り付けて伝熱面積を増大させたものであってもよい。

更に、本実施例では、ラジアントチューブの材質として耐熱交換などの金属、例えば、耐熱交換が用いられたが、セラミック製で構成してもよい。ラジアントチューブの使用条件は十分な耐久製を維持できる材質であれば、これらに限定する必要はない。

図39は本発明に係るラジアントチューブバーナの燃焼方法を立証するための基本概念を示す構成図である。401はラジアントチューブバーナで、通常炭化水素系の気体燃料が使用され、内部を燃焼ガスが通過して加熱され、その外表面から熱を出し、加熱炉、熱処理炉等を加熱することにおいて従来品と同等である。402はラジアントチューブで、両端を塞いで燃焼室を形成するべく空間を仕切るものである。403は燃料噴射口で、前記ラジアントチューブ402の両端に設けられ、炭化水素系気体燃料配管に接続されている。404は燃焼用空気噴射口で、前記ラジアントチューブ402の両端に設けられ、図示しない空気送給設備、および排気設備が接続され、給気と排気を兼用しており、何れか一端側のものが給気口として機能しているときは、他端側のものは排気口として機能している。405は蓄熱材で、燃焼用空気噴射口404に充填されており、球状セラミック、多孔質セラミックまたはその他の成型セラミック等で構成され、燃焼用空気噴射口404が給気口として機能しているときは給気に奪熱され、排気口として機能しているときには排気で加熱されている。図40に示すように、燃料噴射口403は空気との混合を高速に行うためにスリット形状をなし、燃焼用空気噴射口404は自己循環流を大きくするために円形をなしており、相互に離間するような位置関係になっている。本実施例においては、燃料噴射口403および燃焼用空気噴射口404の両者とも偏心させているが、何れか一方のみを偏心させるようにしてもよい。

そして、ラジアントチューブの燃焼は両端で交互に実施する。すなわち、一方の燃焼用空気噴射口404が燃焼している間は、他方の燃焼用空気噴射口404は燃焼ガスの排気口として機能させ充填した蓄熱材に蓄熱させ、十分に蓄熱した後一旦燃焼を中止して、排気口として機能していた燃焼用空気噴射口404を空気給気口として機能させ蓄熱材に蓄熱していた熱で空気予熱を行なうものである。

上記のように構成したラジアントチューブバーナ401においては、燃焼用空気噴射口404から供給する燃焼用空気の給気速度を従来のラジアントチューブバーナで使用されているより大幅に高速化し、燃料噴射口403の延長線の近傍に渦流を生起させ、燃焼ガスに自己循環流を派生させ、高温の燃焼ガスを薄めて

燃焼温度を低減するとともに、ラジアントチューブの長さや燃焼ガス流速から求められる窒素酸化物の生成を短時間化して反応を非平衡状態に保持することにより、排気ガス中の窒素酸化物を低減させるものである。

例えば燃焼温度、滞留時間と窒素酸化物生成の関係の事例を示す図4-2から明らかなように、最高温度が2000Kの燃焼火炎が形成されている場合には、平衡状態まで反応を行なわせれば1000ppm程度の窒素酸化物が生成されるが、滞留時間を0.1秒程度にすることによって窒素酸化物の発生量を1000ppm程度にまで減少させることができる。これからわかるように、燃焼最高温度と滞留時間から窒素酸化物の発生量が低減できる。

燃焼反応が平衡状態で進行しないようにするには、ガス流速を確保して高温部分の滞留時間を短くすることで達成できる。これにより局所的に発生していた空気比が1.0付近の部分を大幅に減少させるとともに、ラジアントチューブ内の燃焼時間を完全に燃焼反応が完了する時間より短くして、ラジアントチューブ内の燃焼を非平衡状態とすることができる。

一方、燃焼が非平衡で進行した場合、燃料や燃焼方法によっては燃焼が完了していないことがある。そのため、ラジアントチューブ出口に蓄熱材等を設置することにより、未燃焼ガスの反応を行なわせながら、燃焼ガスの排熱回収を行なうようにしている。このようなバーナをラジアントチューブの両端に設け交互に燃焼させる。すなわち、一方のバーナが燃焼している間に他方の燃焼用空気噴射口に充填した蓄熱材に蓄熱させ、十分な蓄熱した後一旦燃焼を中止して蓄熱していた燃焼装置を稼働させて蓄熱していた熱で空気予熱を行なうことにより、効率的な燃焼を行なうことができる。

なお、ラジアントチューブの両端から交互の間欠燃焼することから、ラジアントチューブ(402)は直管であることが熱歪の観点からは望ましい形状である。

ラジアントチューブ(402)の長さを2m、チューブ直径100mmのもので、ラジアントチューブ出口での平均燃焼ガス速度50m/secにて、図4-1に示すように、20秒間隔の間欠燃焼により得られた結果を表4に示す。この結果から、従来の燃焼方式よりも窒素酸化物の低減と燃焼効率の向上を図れることが明らかである。



- 47 -

表 4

	最 高 温 度 (℃)	N O x 発 生 量 (ppm)
従 来 例	1 8 0 0	7 0 0
本 発 明	1 7 5 0	1 0 0

## 請 求 の 範 囲

(1) 燃焼排ガスと燃焼用空気とを交互に蓄熱体(17)に通過させることによって得られる高温の燃焼用空気を用いてバーナ(5)を燃焼させるラジアントチューブバーナであって、燃料を噴射する燃料ノズル(19)と前記燃焼用空気を噴射するエアースロート(13)とをラジアントチューブ(3)の端部内に平行に配置すると共に前記エアースロート(13)の燃焼用空気噴射口(33)を前記ラジアントチューブ(3)の内周壁面に内接あるいは接近するように偏位させて配置したことを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(2) 前記ノズル(19)はパイロットバーナ兼用ノズル(11)であることを特徴とする請求項1記載のラジアントチューブバーナ。

(3) 前記燃料ノズル(19)をラジアントチューブ(3)の中央またはラジアントチューブ(3)の内周壁面に内接しない範囲で燃焼用空気噴射口(33)とは反対方向に偏心させたことを特徴とする請求項1記載のラジアントチューブバーナ。

(4) 前記ラジアントチューブ(3)に内装されるエアースロート用チューブの先端にラジアントチューブ(3)を塞ぐノズル支持体(15)を一体に設け、該ノズル支持体(15)に前記燃料ノズル(19)の先端を挿入して支持する燃料ノズル用貫通孔(15c)を設ける一方、前記ノズル支持体(15)の周縁にラジアントチューブ(3)の内周壁面と内接する貫通孔(15d)を設けて該貫通孔をエアースロート(13)の燃焼用空気噴射口(33)とすることを特徴とする請求項1記載のラジアントチューブバーナ。

(5) ラジアントチューブ(3)を塞ぎ前記燃料ノズル(19)の先端を挿入して支持する燃料ノズル用貫通孔(15c)と前記ラジアントチューブの内周壁面と内接する溝を周縁に有するノズル支持体(15)を前記ラジアントチューブ(3)内に設け、前記ラジアントチューブ(3)と燃料ノズル(19)との間で形成されるエアースロート(13)が前記ノズル支持体(15)の周縁の溝とラジアントチューブ(3)の内周壁面とで形成される孔をエアースロート(13)の燃焼用空気噴射口(33)とすることを特徴とする請求項1記載のラジアントチューブバーナ。

- 49 -

(6) 前記蓄熱体(17)は通路断面積が一定でかつ直線的な流路が貫通しているハニカム状のセラミックスであることを特徴とする請求項1記載のラジアントチューブバーナ。

(7) 前記バーナ(5)をラジアントチューブ(3)の両端に設置して交互に燃焼させ、燃焼させていない方のバーナ(5)のエアスロート(13)を通して燃焼排ガスを排気することを特徴とする請求項1記載のラジアントチューブバーナ。

(8) 燃料ノズル(19)の周囲に一次空気を流す一次空気流路を設けて、該一次空気流路にパイロット燃焼に適した量の一次空気をバーナ(5)の作動状態とは無関係に常に流す一方、パイロット火炎を維持するに十分な量の燃料がパイロット燃料として常に流されると共に燃焼時と燃焼停止時とで噴射燃料量が切り替えられ、主燃焼とパイロット燃焼とが継続するパイロットバーナ兼用ノズル(11)を燃料ノズル(19)としたことを特徴とする請求項7記載の交互燃焼型ラジアントチューブバーナ。

(9) ラジアントチューブ(103)の内径方向に燃焼用空気噴射口(133)と燃料噴射口(119a)とが相互に離間するように、燃焼用空気噴射口(133)またはおおよび燃料噴射口(119a)が偏心して配置されていることを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(10) 燃焼用空気噴射口(133)の横断方向形状が円形であることを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(11) 燃焼反応によって生じる火炎の最高温度点がラジアントチューブ(103)が支えられている炉壁厚を超えた炉内の位置に発生させるようにしたことを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(12) 燃焼用空気噴射口(133)から噴射する空気温度が燃料の着火温度より100℃以上高いことを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(13) 燃焼用空気を燃料の燃焼速度の110倍以上の高速で噴出することを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(14) 燃焼用空気噴射口(133)またはおおよび燃料噴射口(119a)を偏心させ、且つ燃焼用空気噴射口(133)から噴出して、水素、一酸化炭素

および炭化水素化合物からなる混合ガスを燃焼させる燃焼用空気の流速を100 m/sec以上としたことを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(15) ラジアントチューブの両端のそれぞれにバーナ(202)を設けたラジアントチューブバーナであって、それぞれのバーナ(202)の半径方向中心部に燃料通路(203)が、その外側には燃料通路径より大きい内径を持った燃焼用空気通路(204)が設けられ、この燃焼用空気通路(204)の途中に蓄熱体(207)と、該蓄熱体(207)に引続き蓄熱体で予熱された燃焼用空気を巡回させながら噴出させる巡回手段(208)を設けたことを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(16) 前記燃料通路(203)と前記巡回手段(208)との間に、燃焼排ガスの循環流を流入させる循環流入部(210)を設けたことを特徴とする請求項15記載のラジアントチューブバーナ。

(17) ラジアントチューブ(310)に少なくとも3つ以上のバーナを備えることを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(18) ラジアントチューブ(310)が幹管(310A)と該幹管に連設した枝管とからなり、前記枝管が3つ以上(301A~301C)設けられ、前記枝管の各端部にバーナを設けたことを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(19) 前記幹管(310A)の内断面積が前記枝管(301A~301C)の内断面積よりも大きいことを特徴とする請求項18に記載のラジアントチューブバーナ。

(20) 前記バーナに蓄熱体(302a~302c)を備えることを特徴とする請求項18に記載のラジアントチューブバーナ。

(21) 前記バーナがある周期で燃焼状態と非燃焼状態を繰り返して交番燃焼することを特徴とする請求項18記載のラジアントチューブバーナ。

(22) 前記バーナのうち、燃焼バーナの数が非燃焼バーナの数より少ない構成で交番燃焼するように制御する制御装置(307)を備えたことを特徴とする請求項18記載のラジアントチューブバーナ。

(23) 前記バーナの燃焼状態と非燃焼状態との切り替えを行うバーナの数、を、備えられているバーナの総数の二分の一以下とすることを特徴とする請求項

18記載のラジアントチューブバーナ。

(24) ラジアントチューブ(310)に設けられたバーナが交番燃焼する際に、燃料供給を停止してから所定時間遅延させて燃焼用空気の供給を停止するように制御することを特徴とするラジアントチューブバーナ。

(25) ラジアントチューブ(402)の内径方向に燃焼用空気噴射口(404)と燃料噴射口(403)とが相互に離間するように、燃焼用空気噴射口404またはおおよび燃料噴射口403を偏心させて配置し、ラジアントチューブ(402)内へ送給した燃料ガスを非平衡状態で燃焼させることを特徴とするラジアントチューブバーナの燃焼方法。

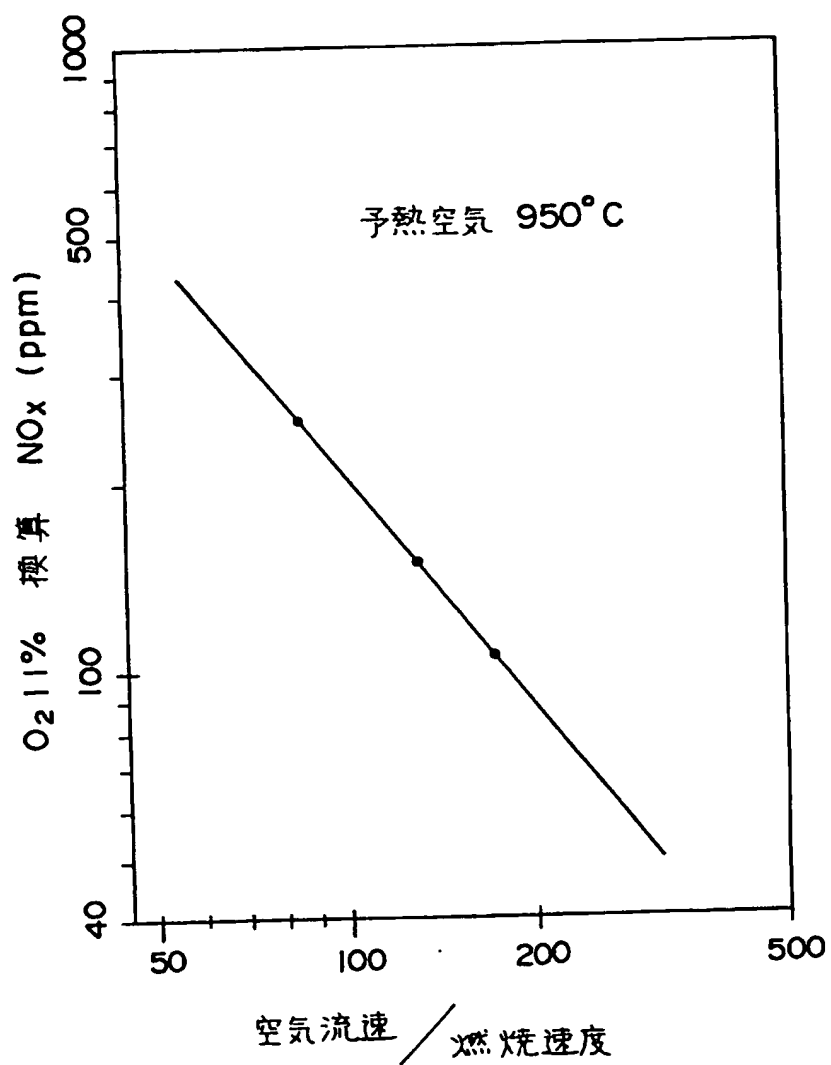
(26) ラジアントチューブ(402)の内径方向に燃焼用空気噴射口404と燃料噴射口403とが相互に離間するように、燃焼用空気噴射口404またはおおよび燃料噴射口403を偏心させて配置し、ラジアントチューブ内へ送給した燃料ガスを非平衡状態で燃焼させ、その後ラジアントチューブ(402)の出口に設けた蓄熱室で燃焼させて平衡状態にすることを特徴とするラジアントチューブバーナの燃焼方法。

(27) ラジアントチューブ(402)の内径方向に燃焼用空気噴射口404と燃料噴射口403とが相互に離間するように、燃焼用空気噴射口404またはおおよび燃料噴射口403を偏心させて配置し、ラジアントチューブ内の燃焼ガスの平均滞留時間を1秒以下の非平衡状態の燃焼となるようにしたことを特徴とするラジアントチューブバーナの燃焼方法。

(28) 直管のラジアントチューブ(402)で非平衡状態の燃焼を行わせることを特徴とするラジアントチューブバーナの燃焼方法。

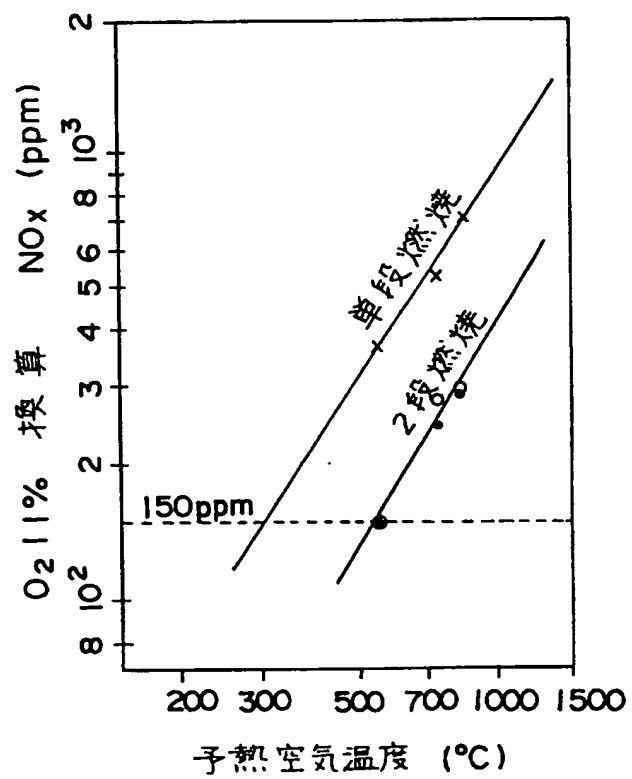
1/36

図 1



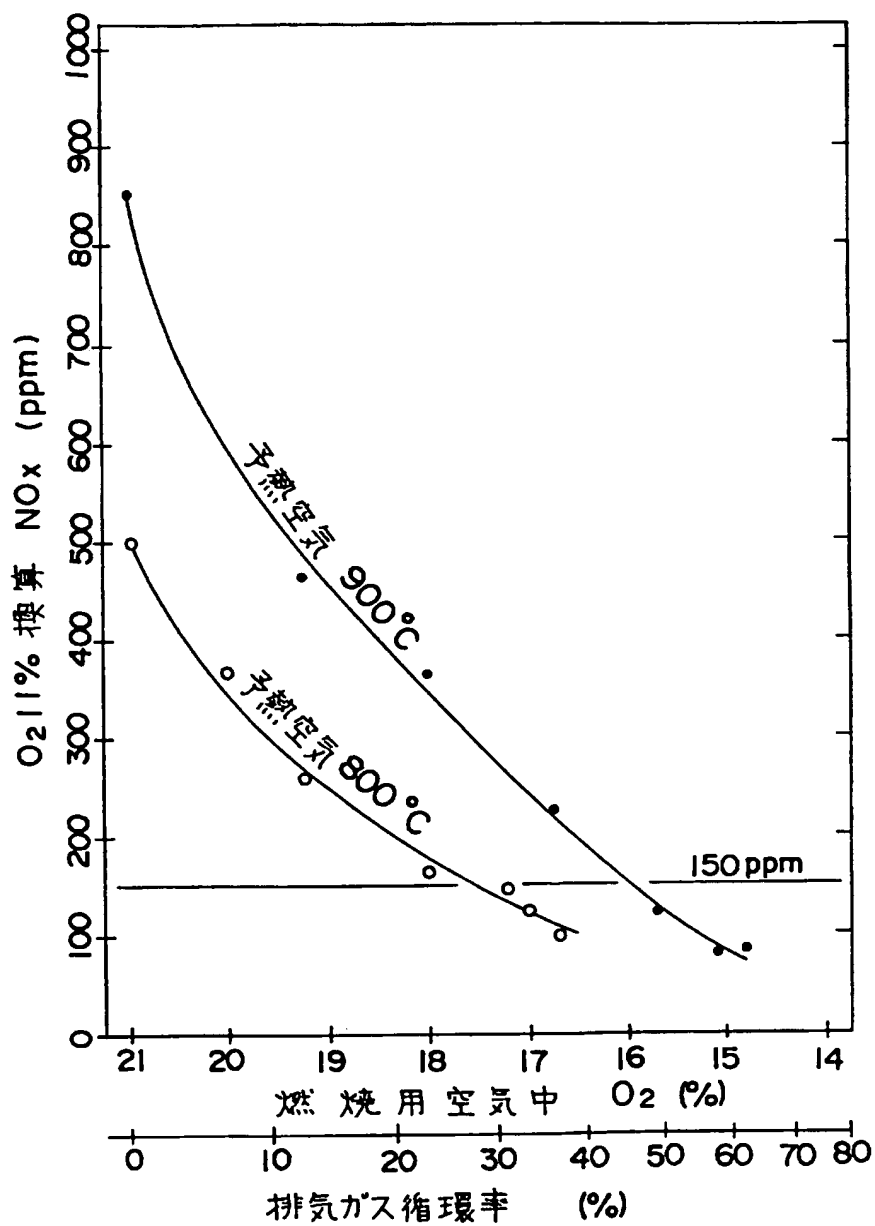
2/36

図 2



3/36

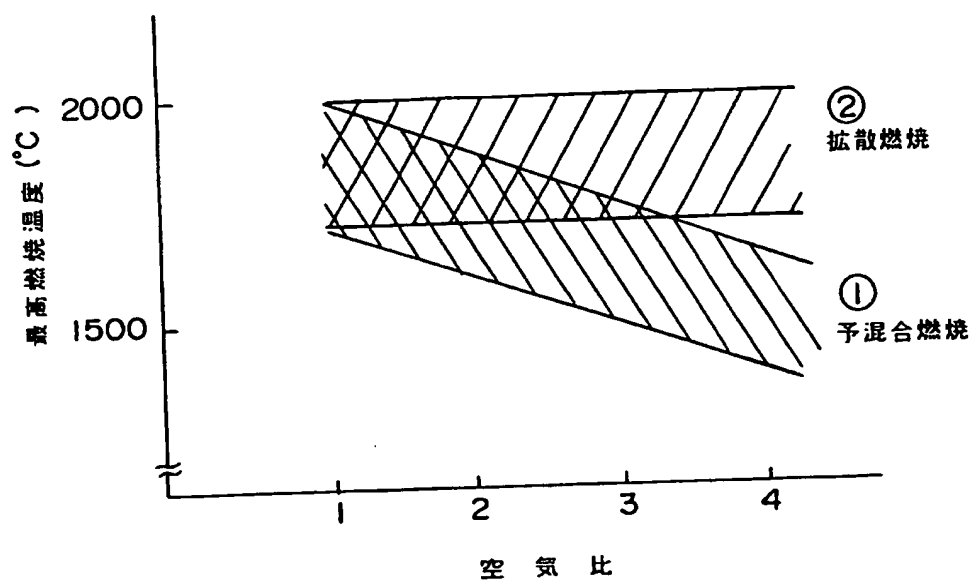
図 3





4/36

图 4



5/36

图 5

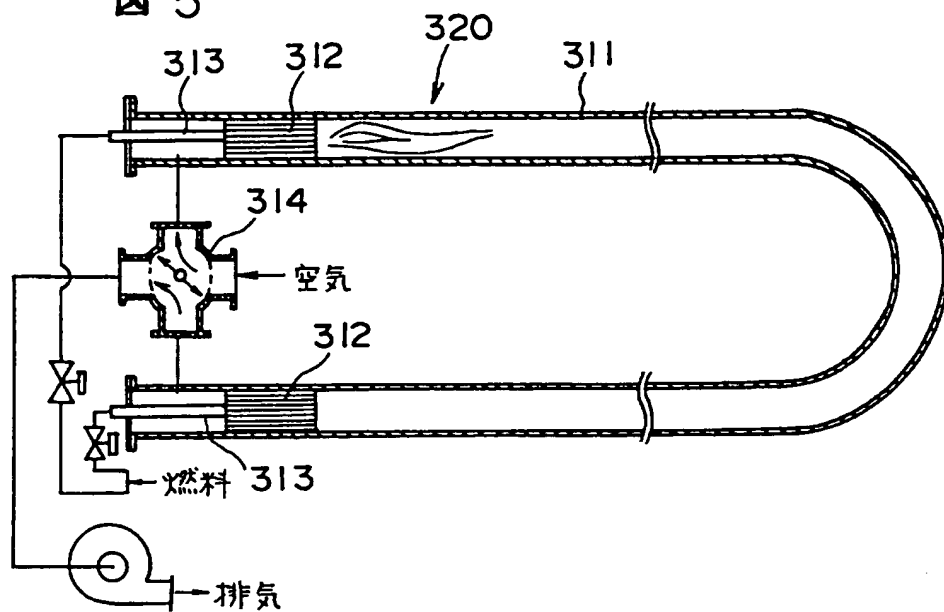
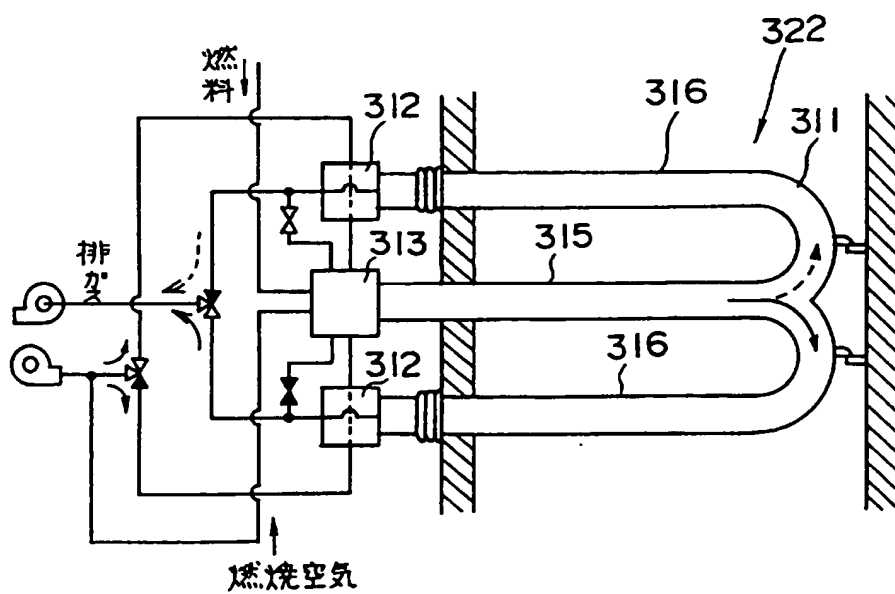


Figure 6 shows a square divided by a diagonal line from the top-left corner to the bottom-right corner. The upper-left triangular region is filled with diagonal hatching, and the lower-right triangular region is filled with horizontal hatching.



6/36

図 7

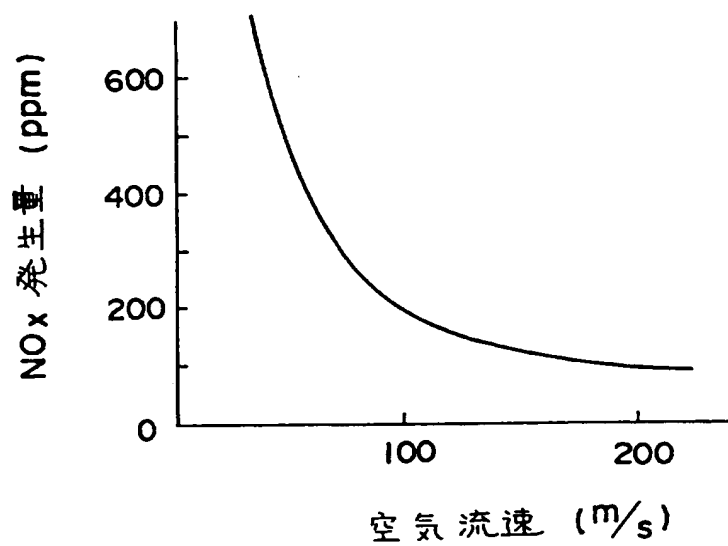


図 8

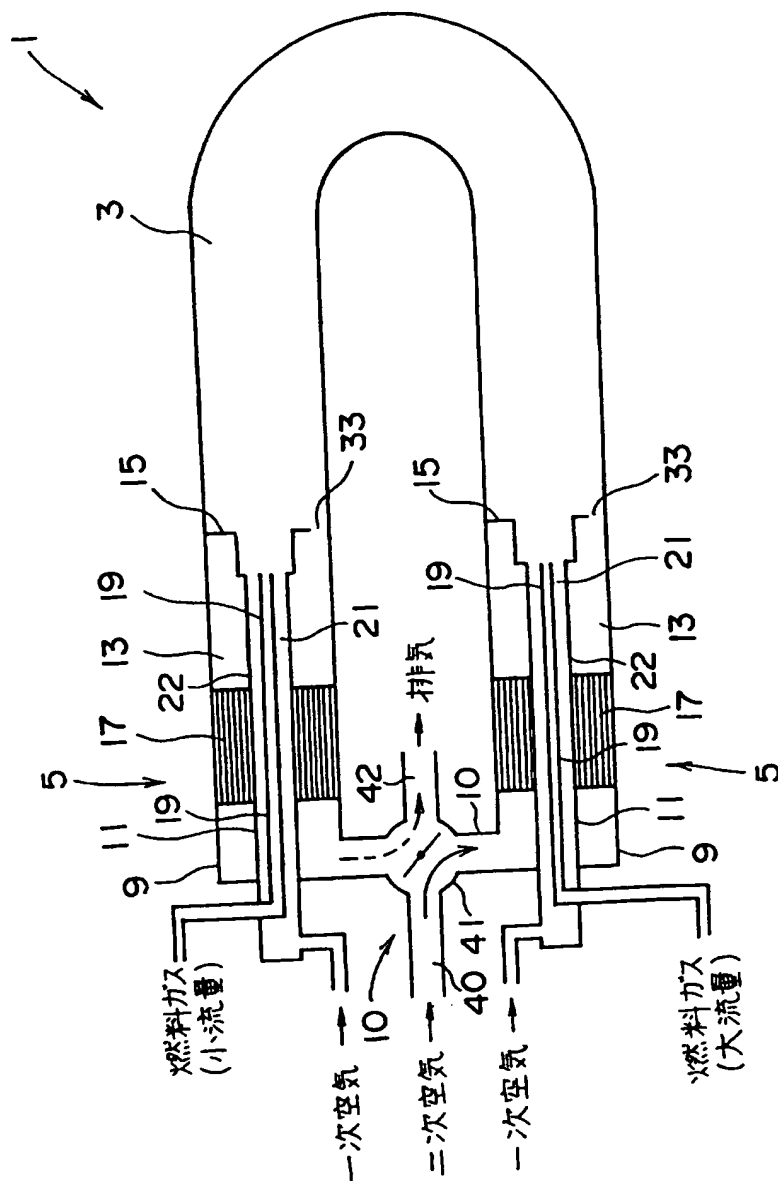
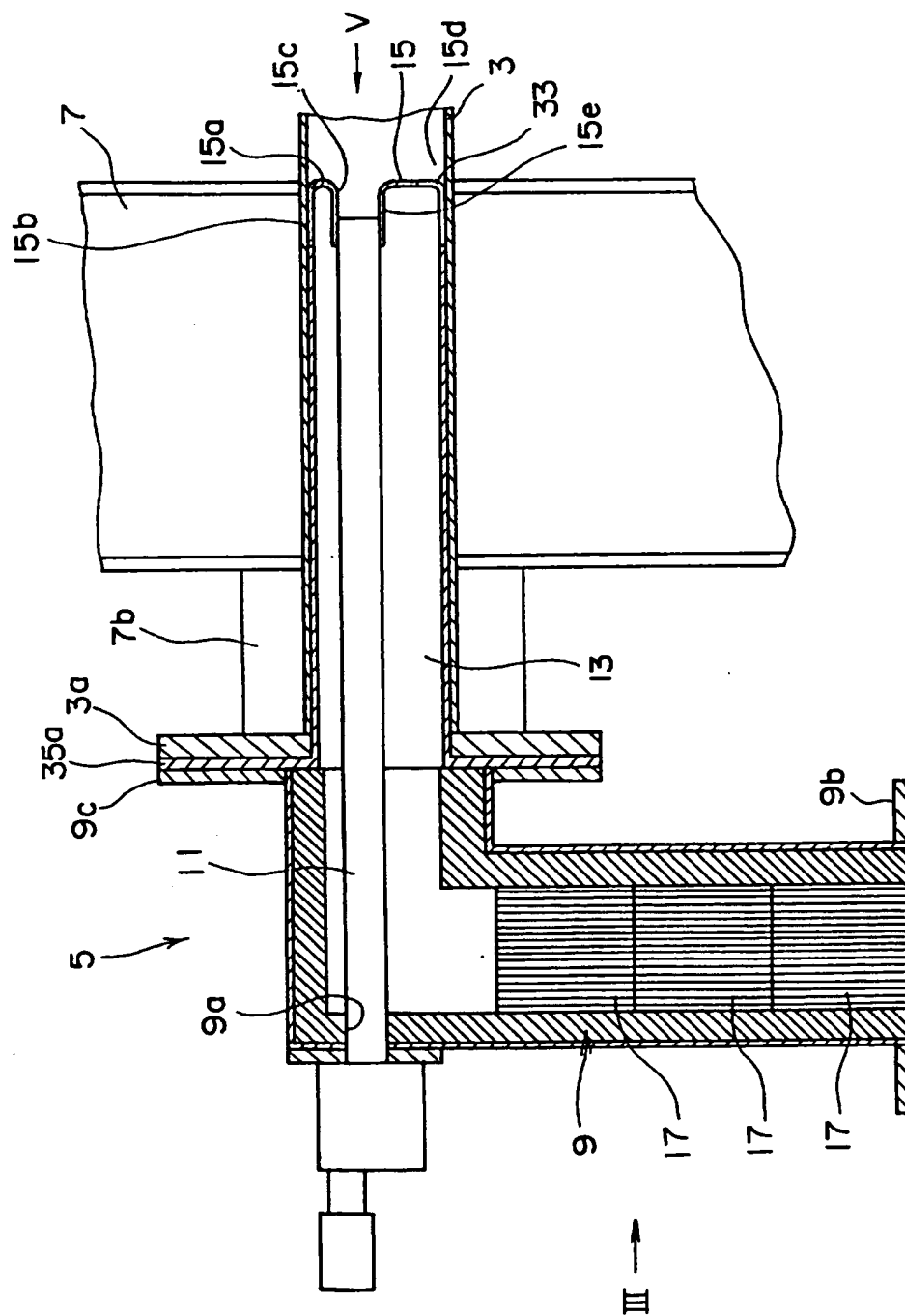


图 9



9/36

図 10

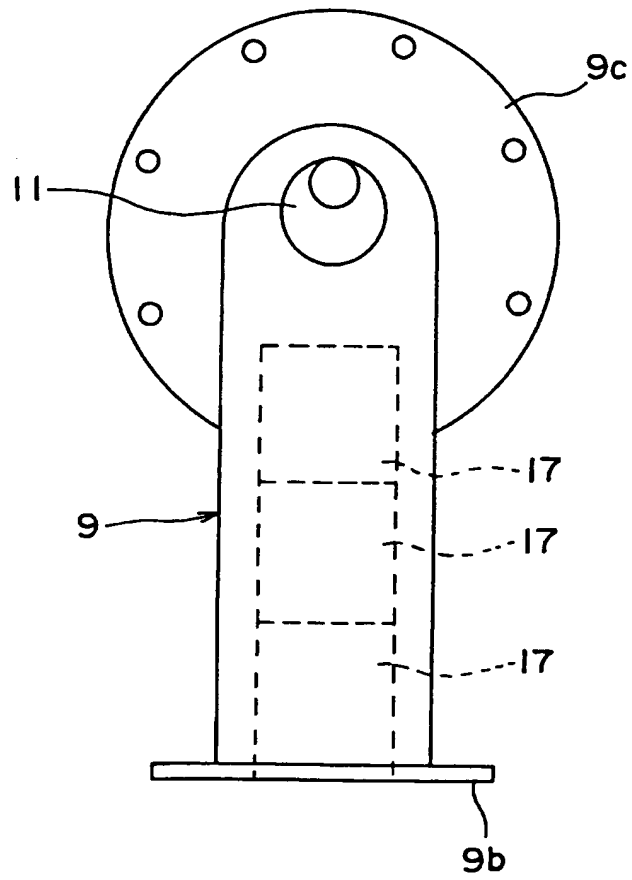


図 11

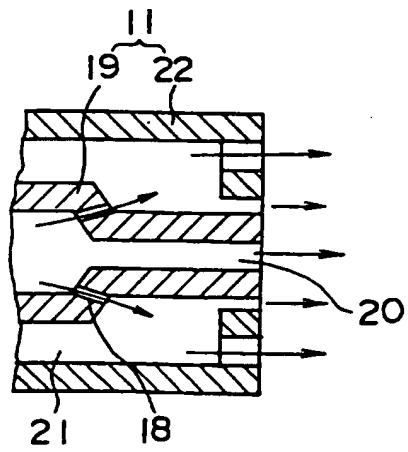


図 12

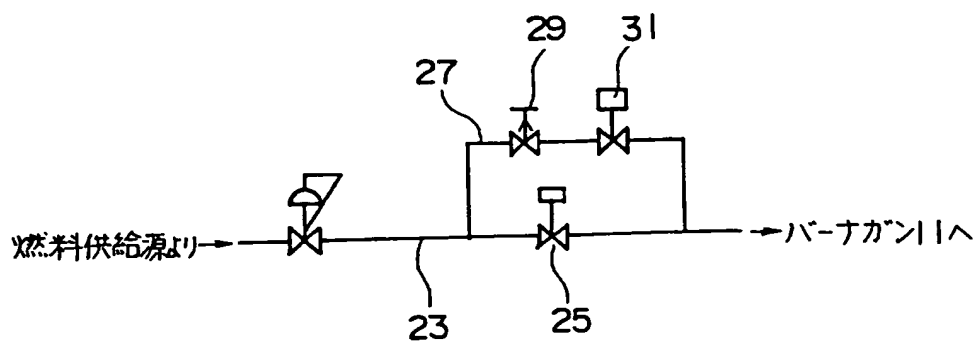
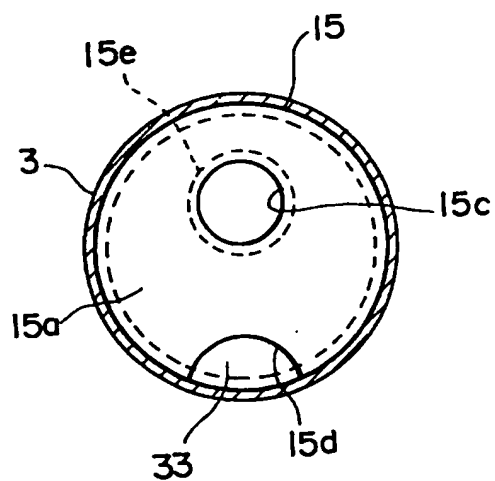
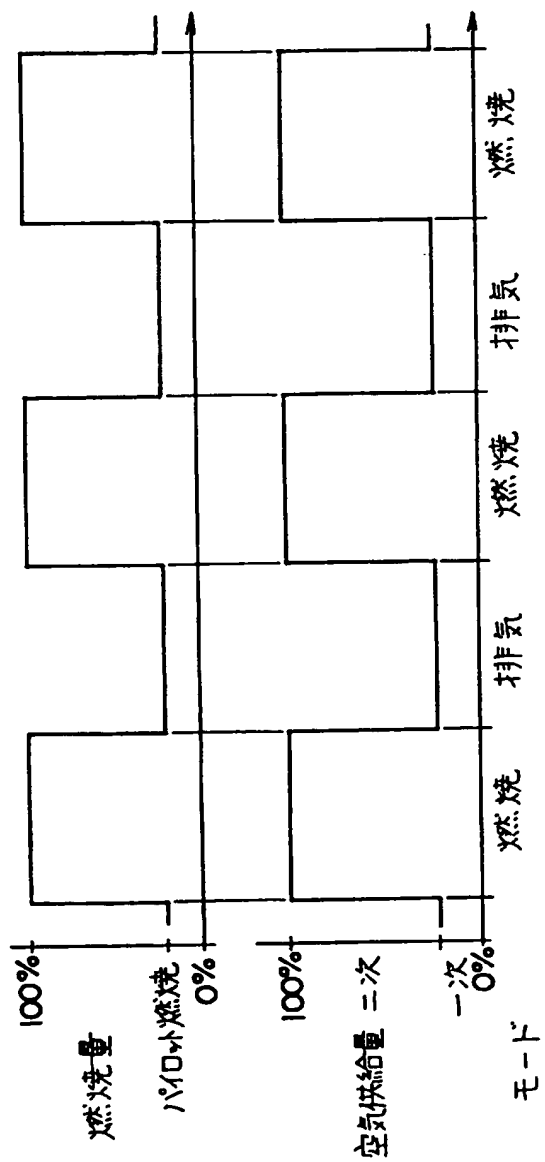


図 13



11/36

図 14





12/36

15

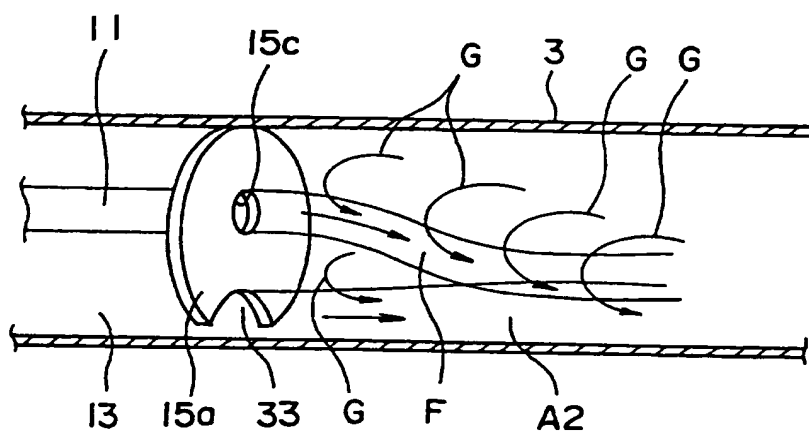
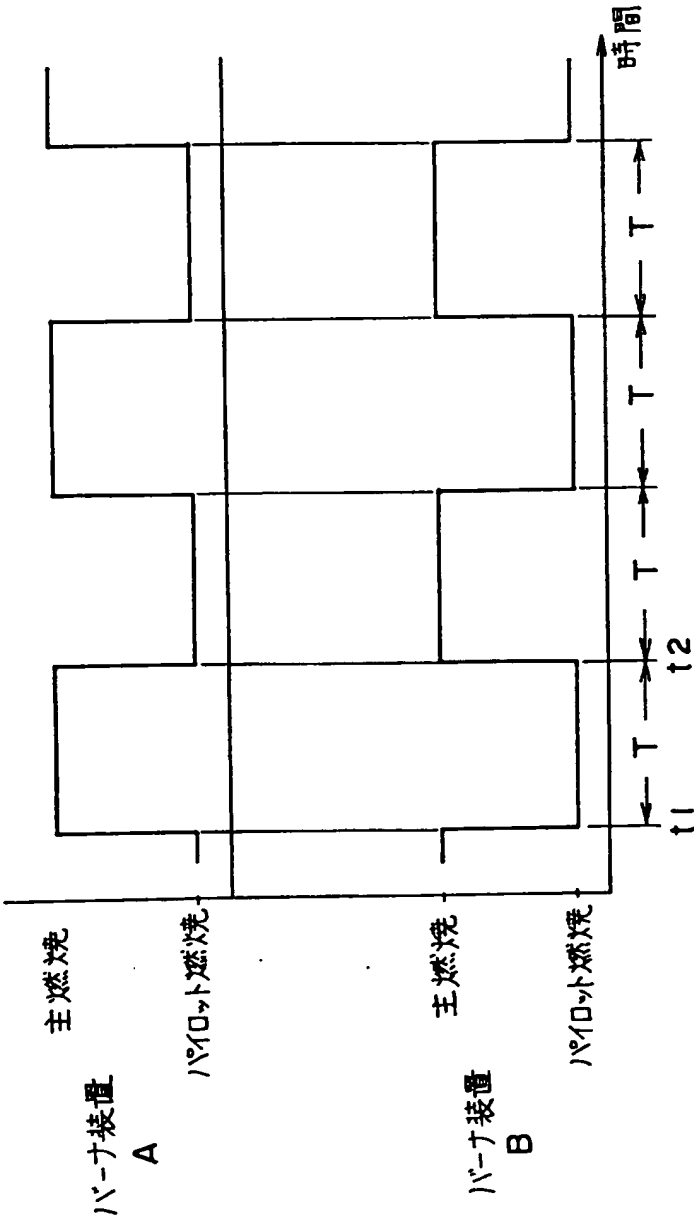
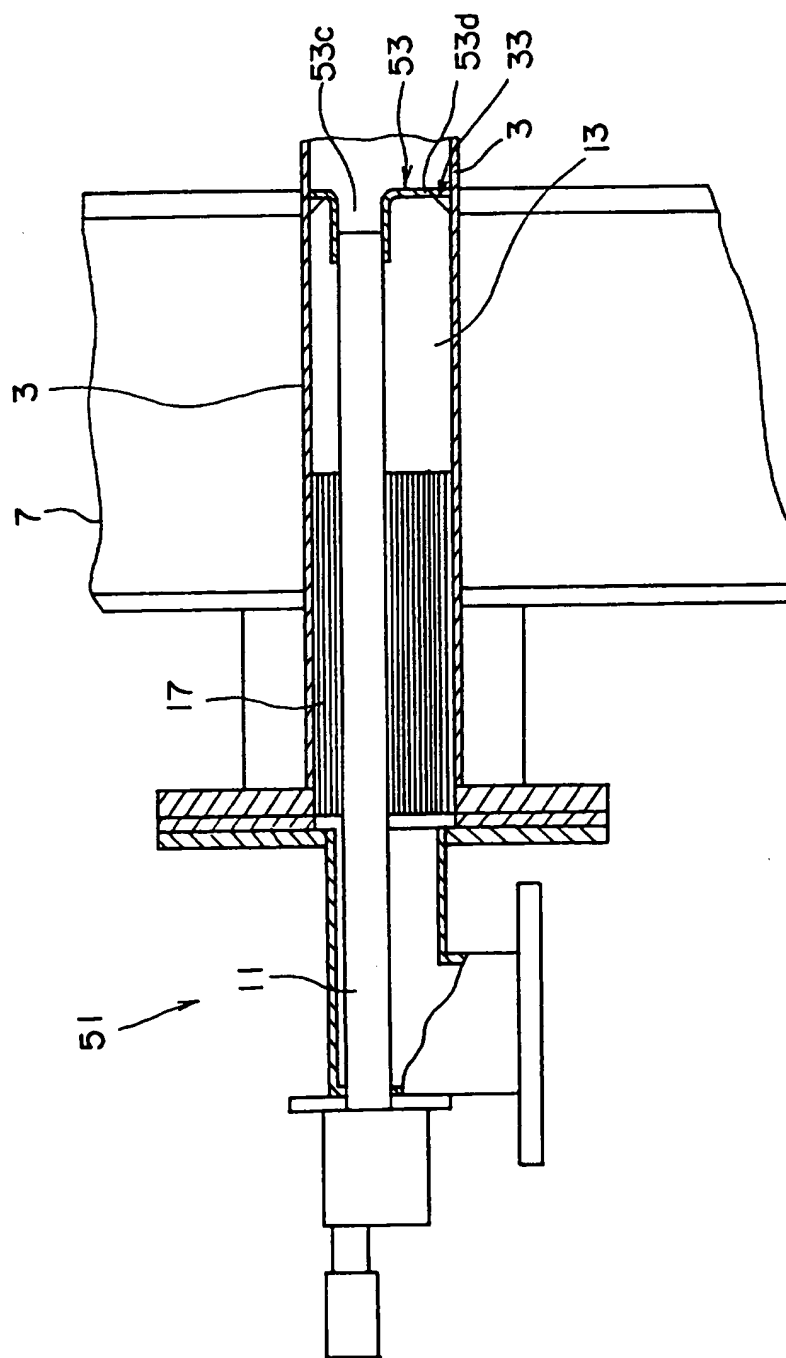


図 16

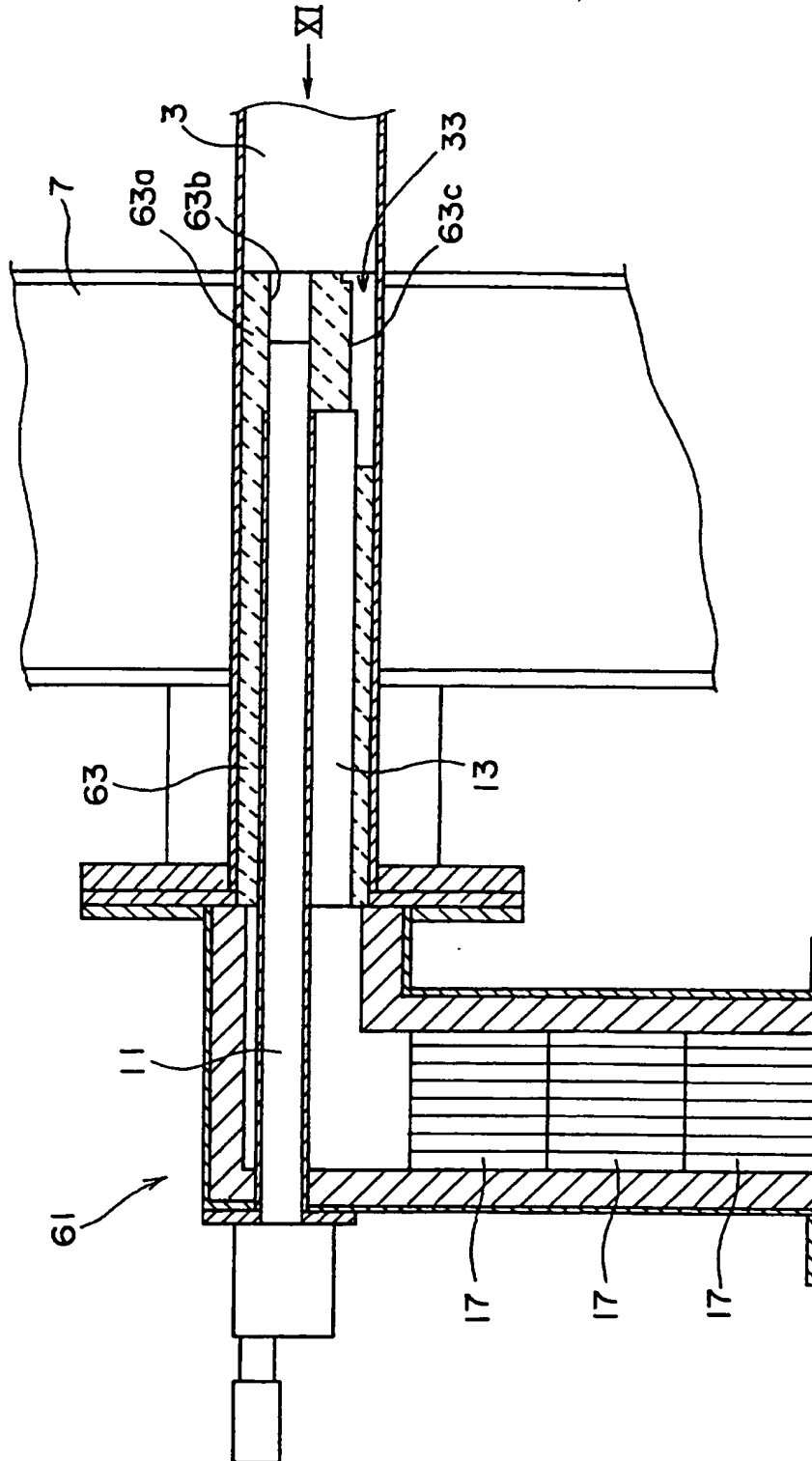


17



15/36

FIG 18



16/36

図 19

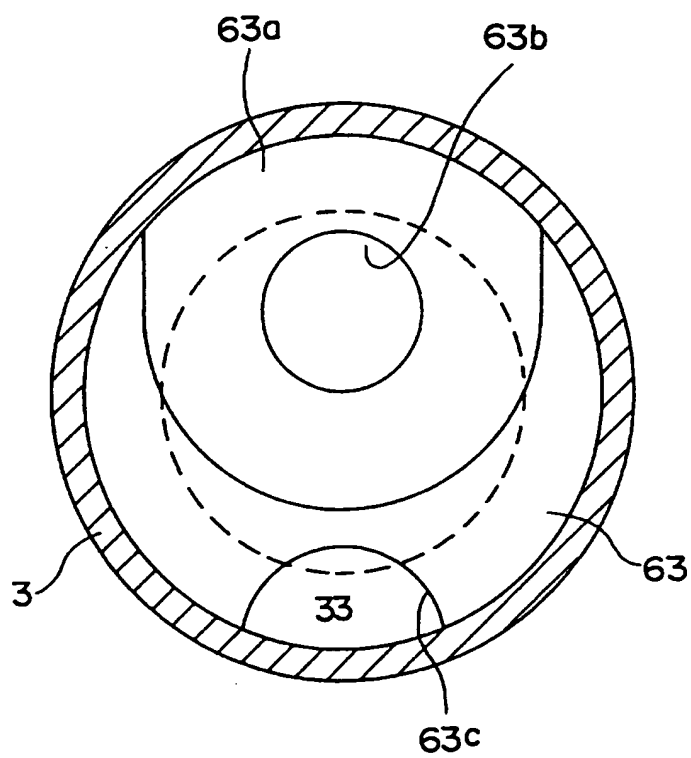


図 20

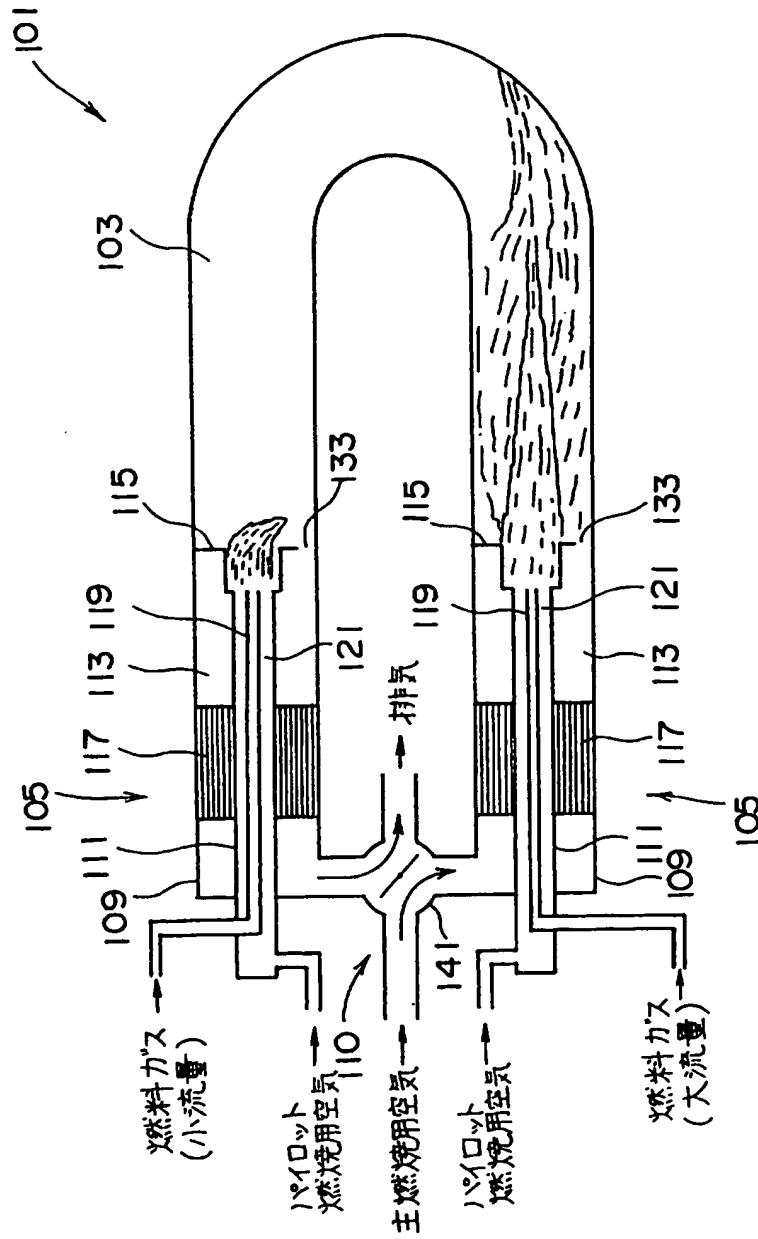


图 21

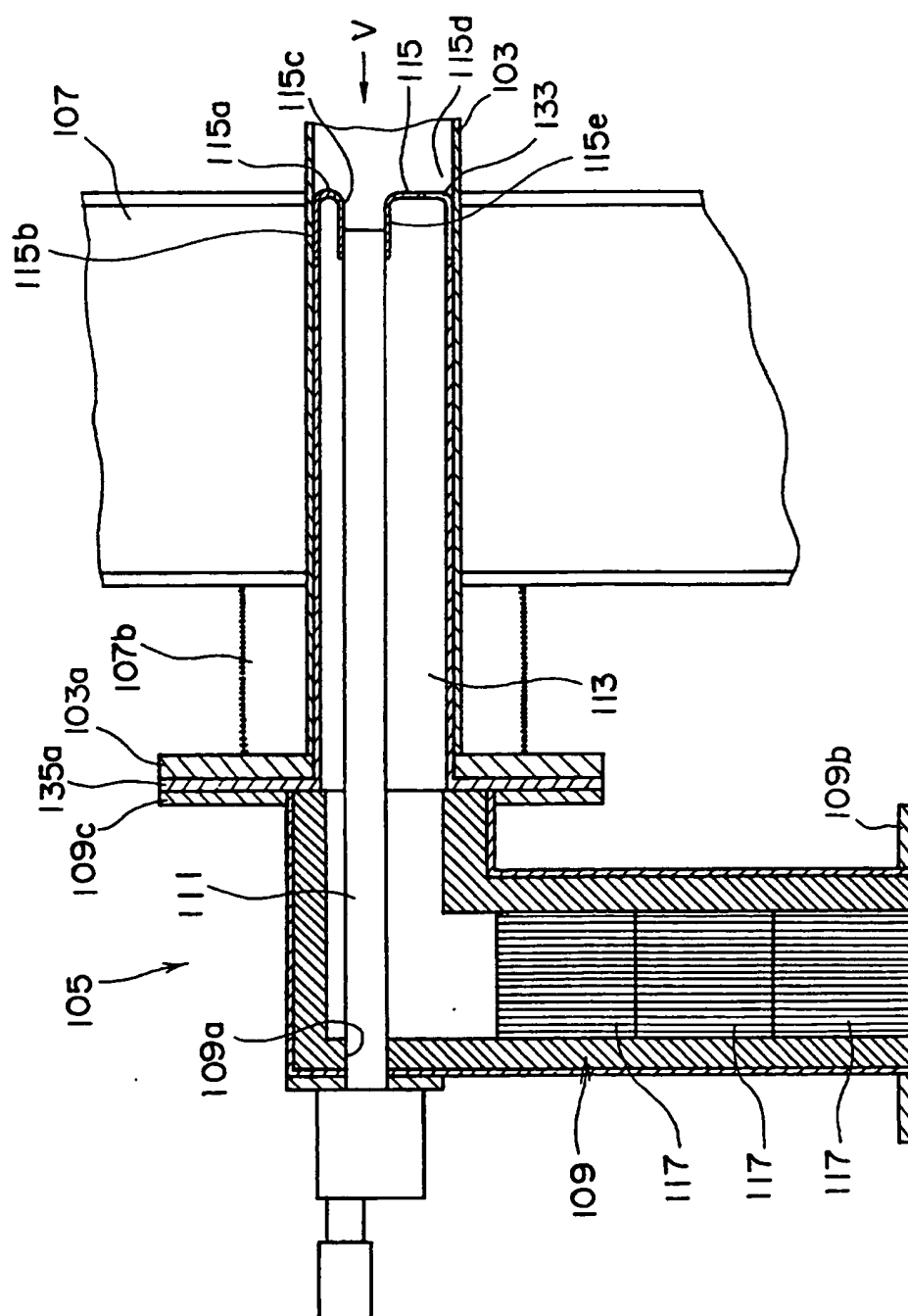


図 22

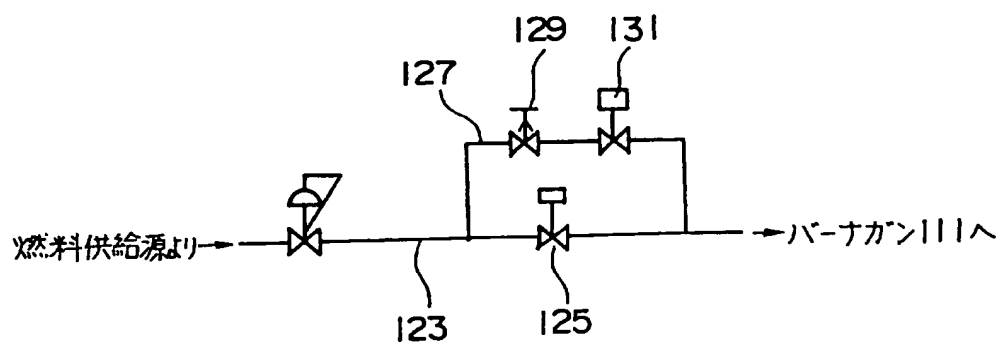


図 23

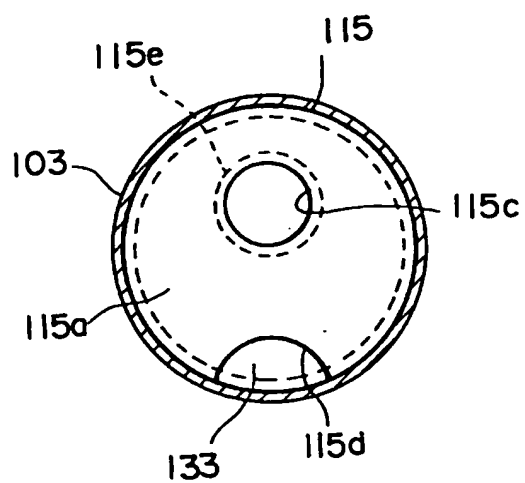
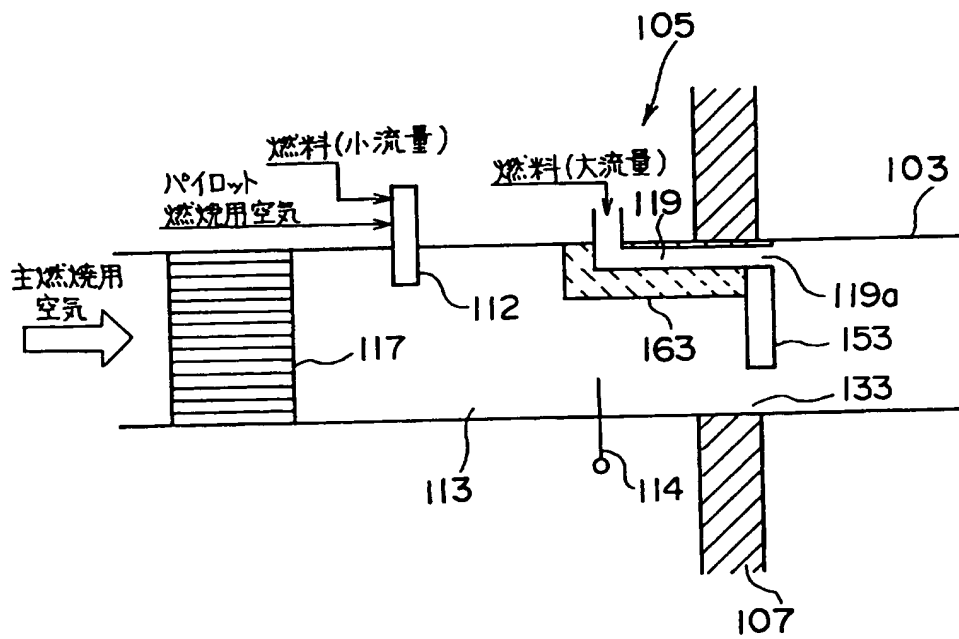




図 24



21/36

図 25A

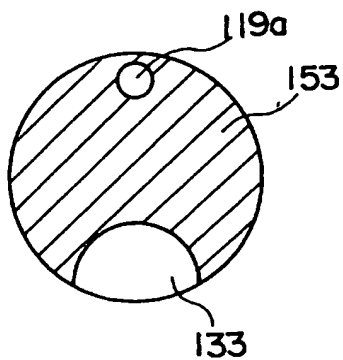


図 25B

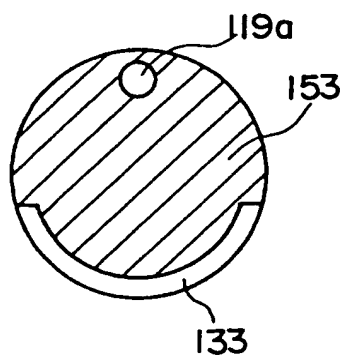


図 25C

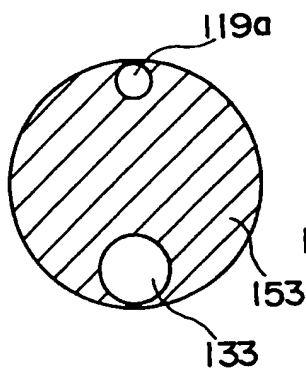


図 25D

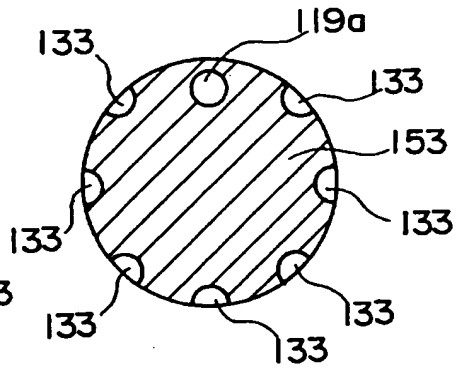


図 25E

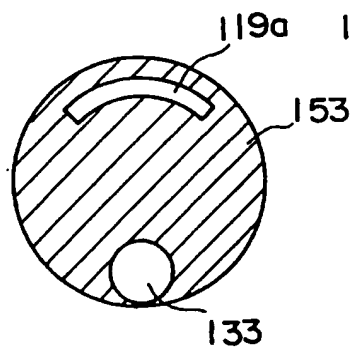


図 25F

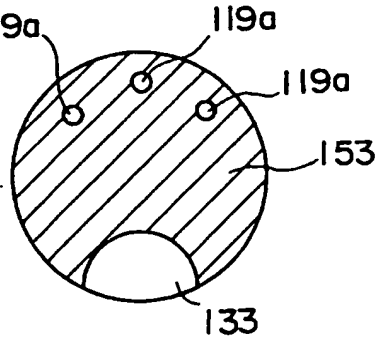


図 26A

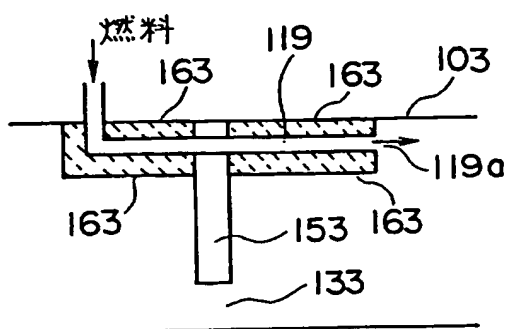


図 26B

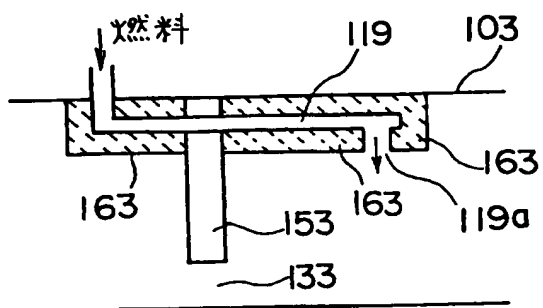


図 27

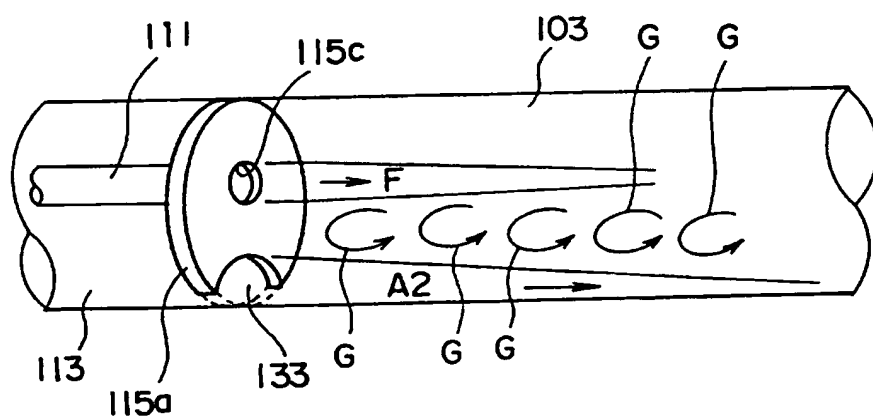


図 28A

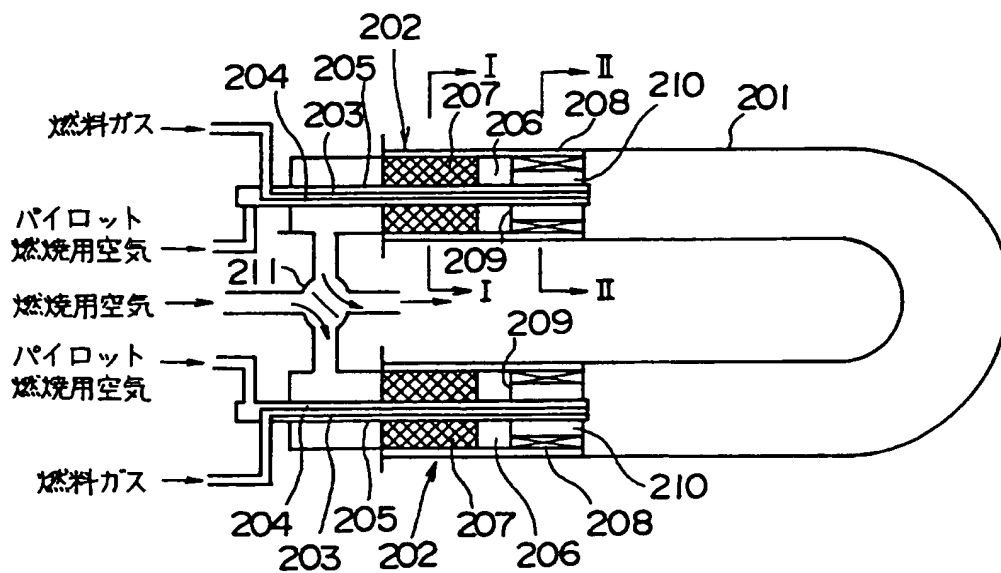


図 28C

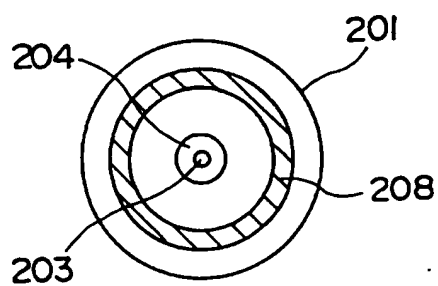


図 28B

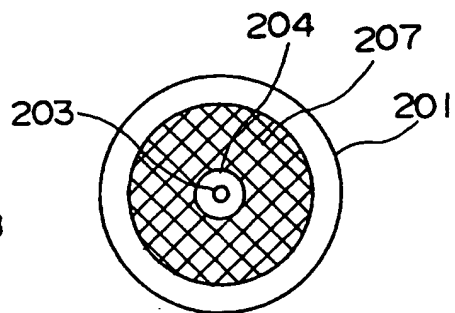


図 29

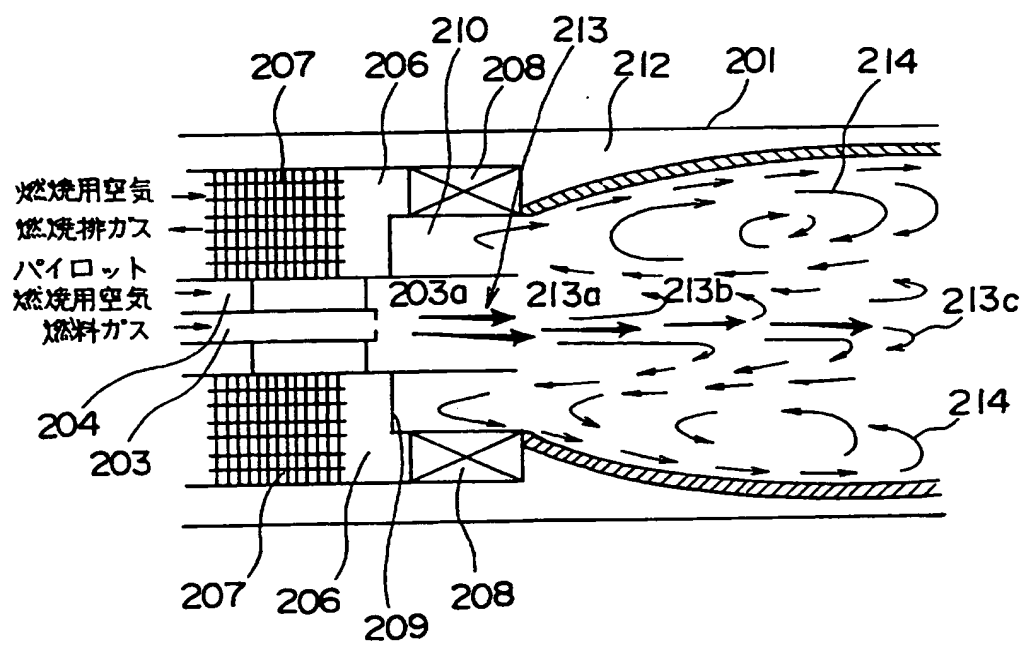


図 30

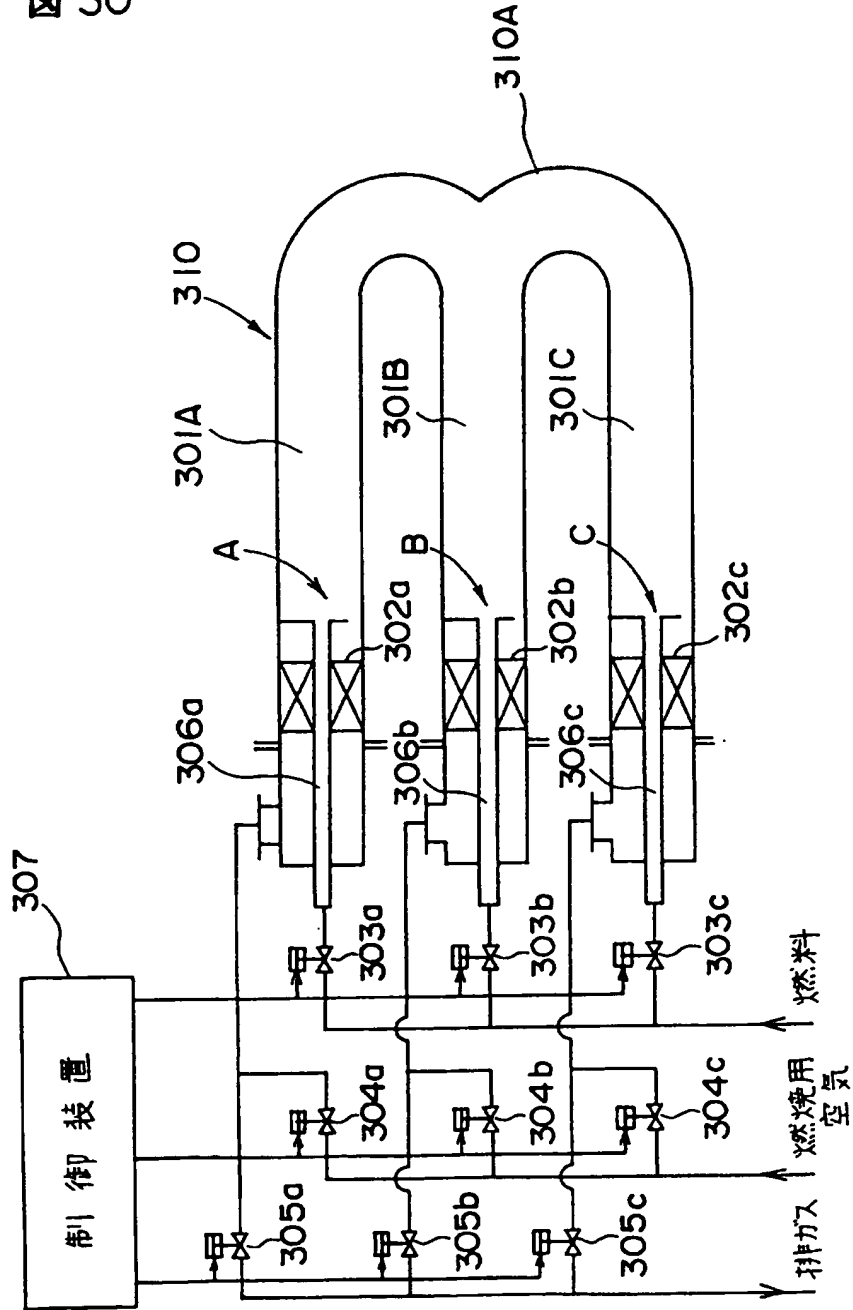


圖 31

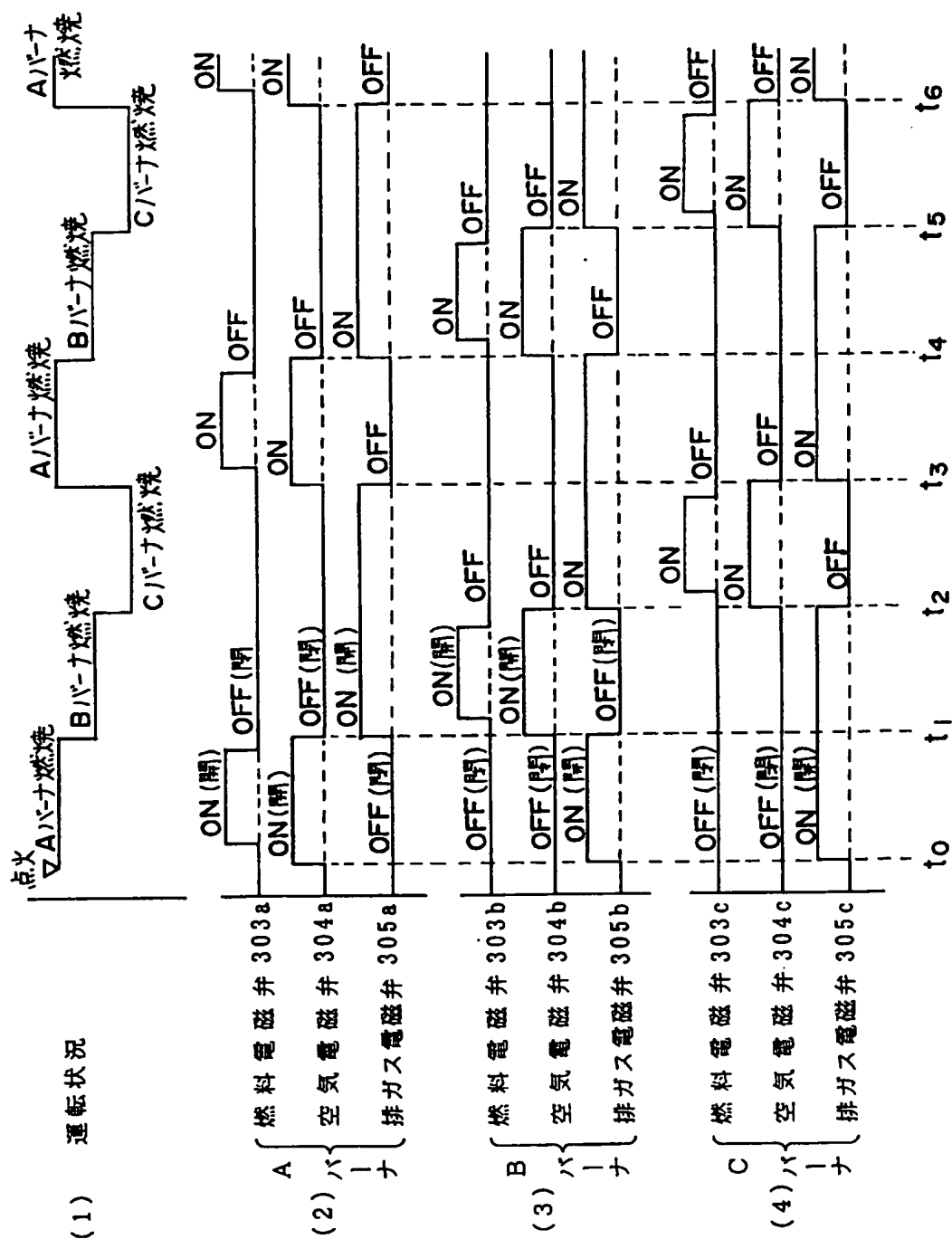




図 32

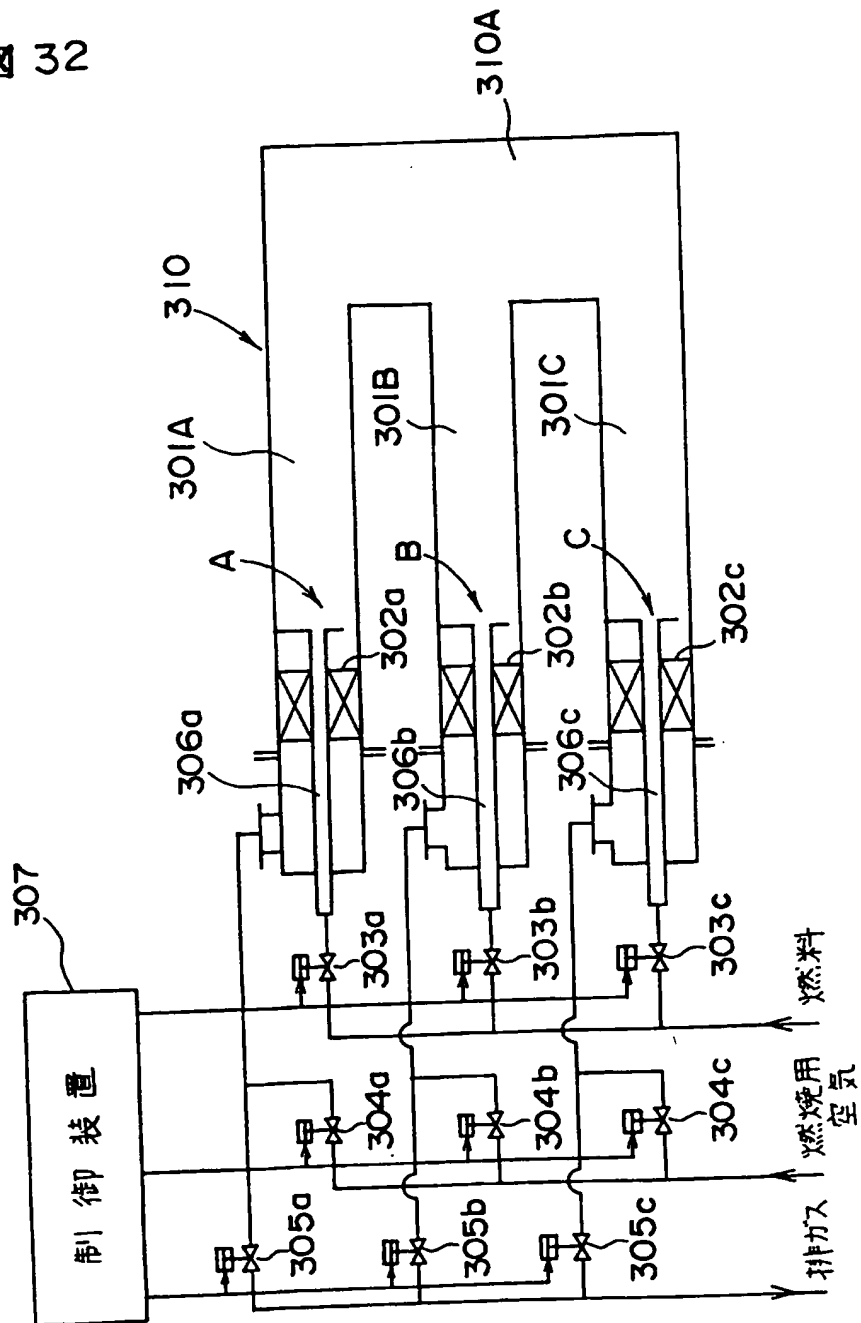


図 33

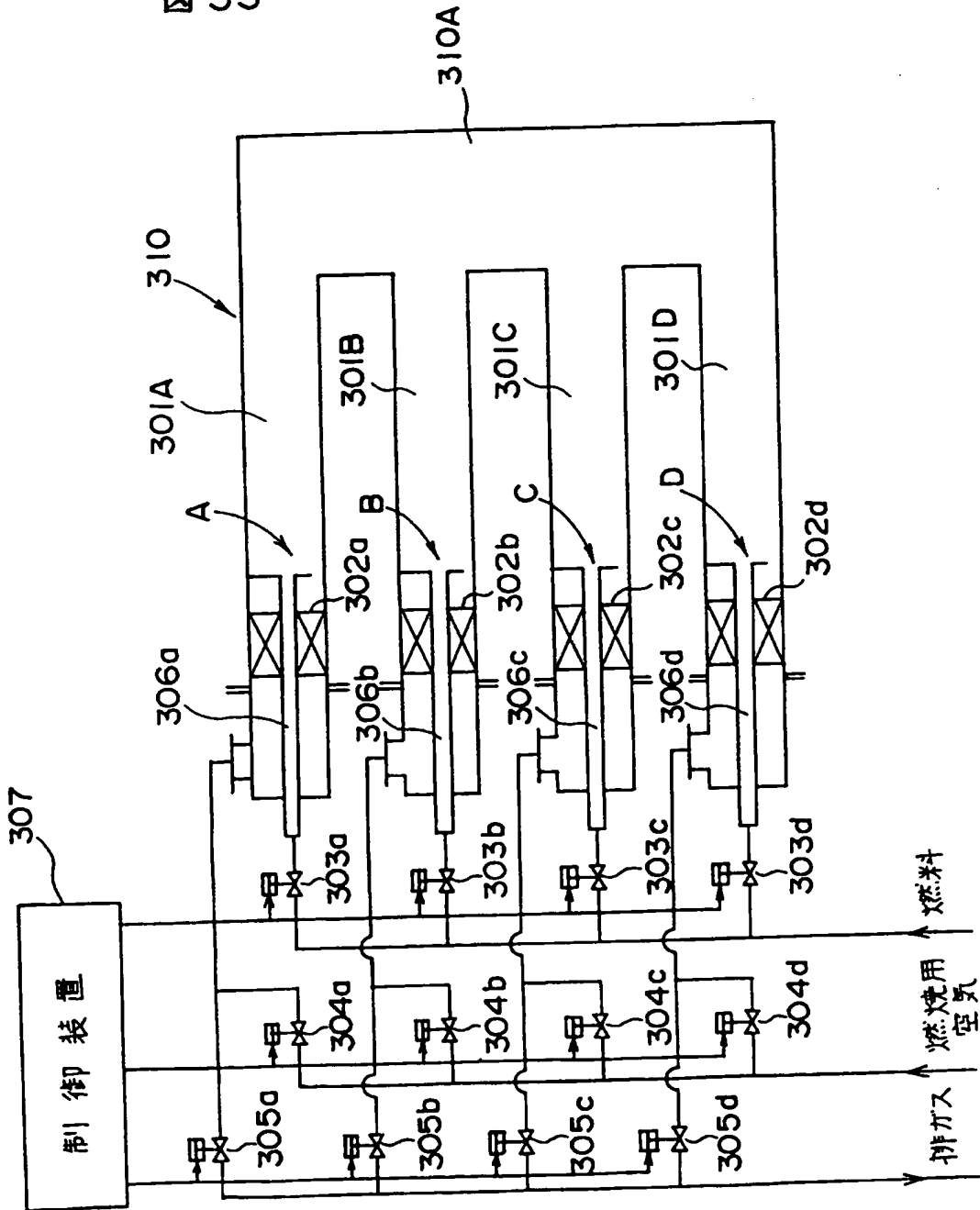


図34

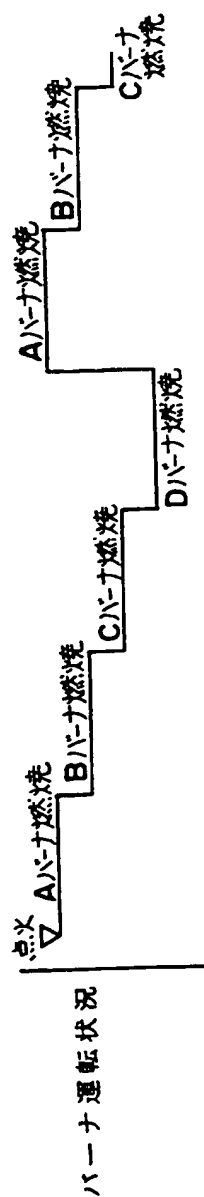


図 35

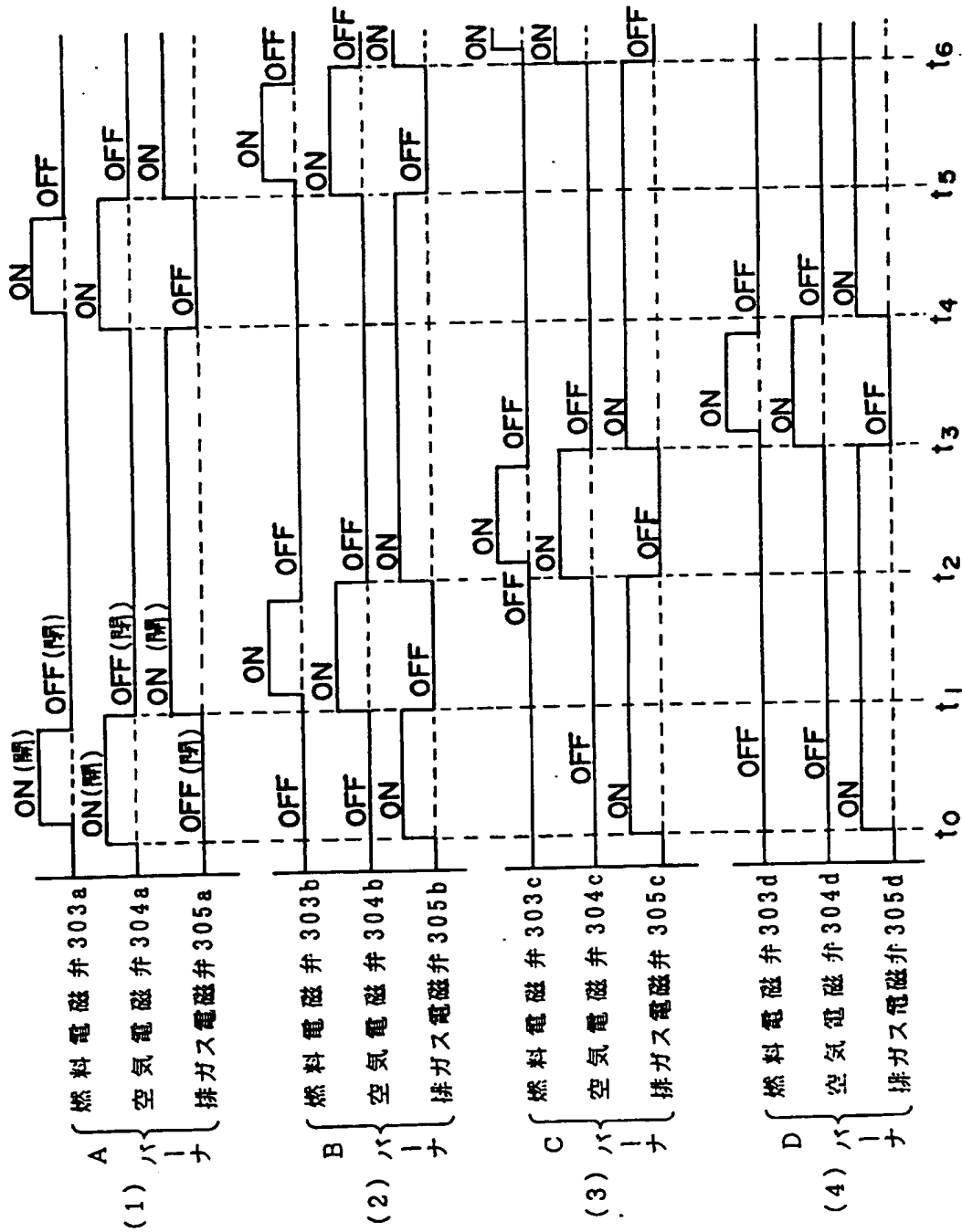


図 36

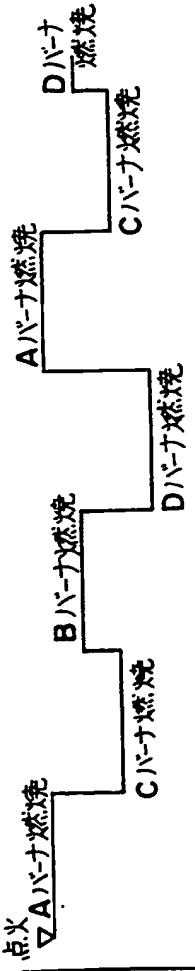


図 4 の蓄熱式  
バーナ運転状況

圖 37

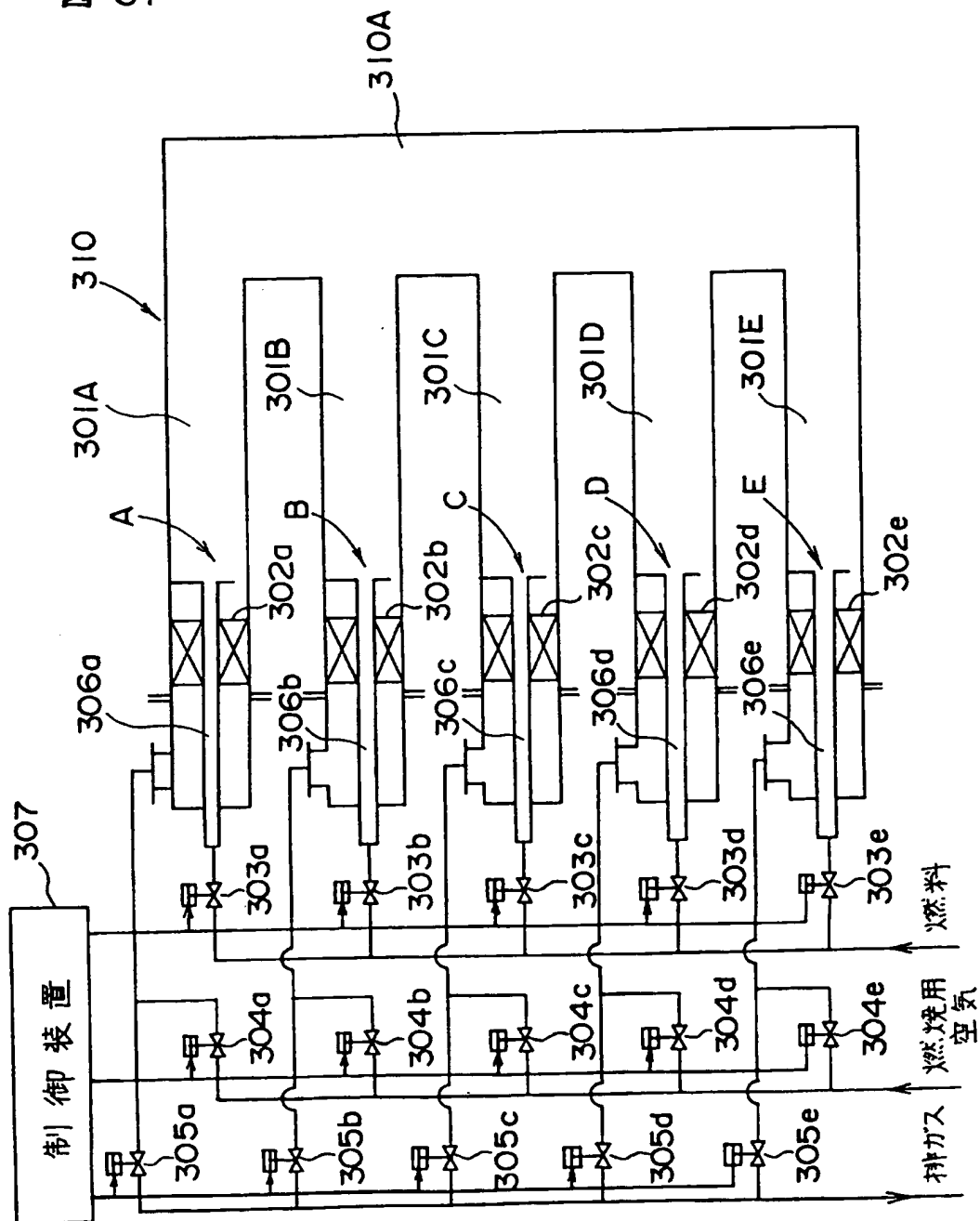


図 38

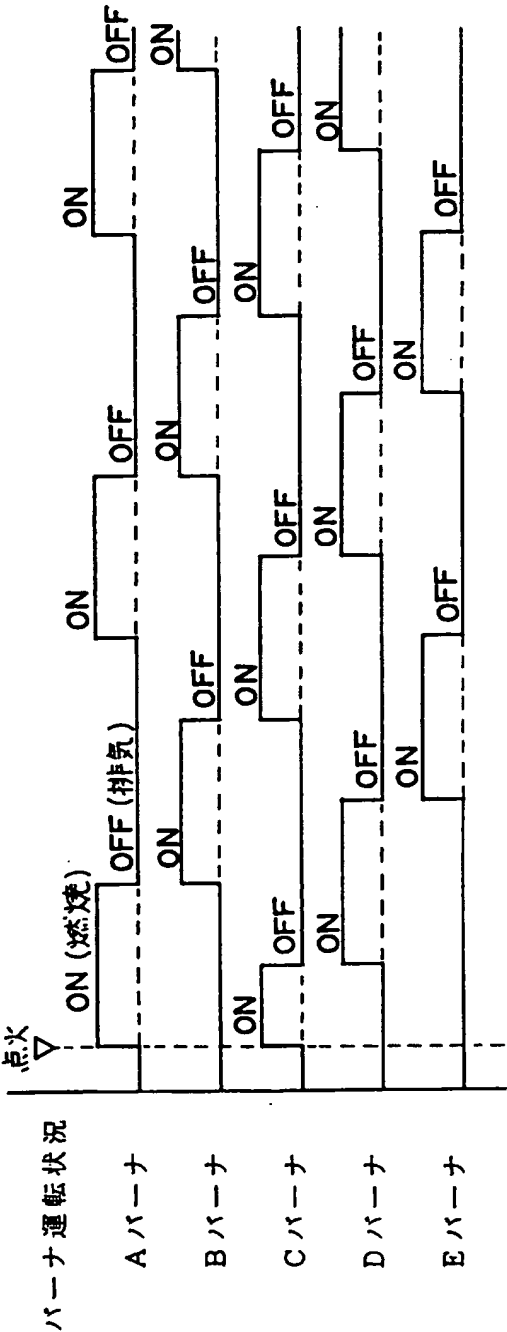
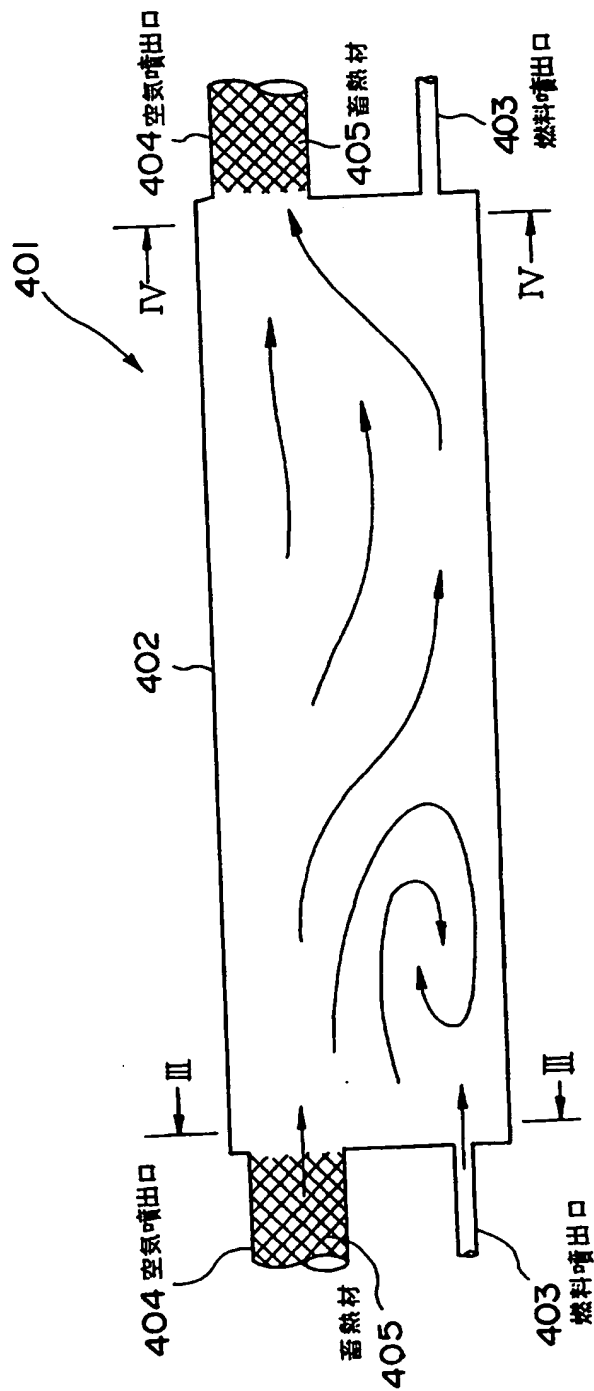


図 39





36/36

図 40

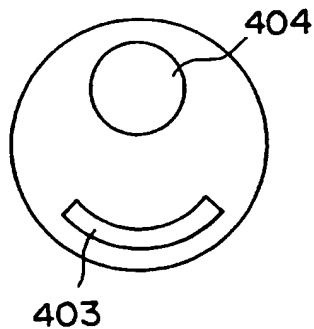


図 41

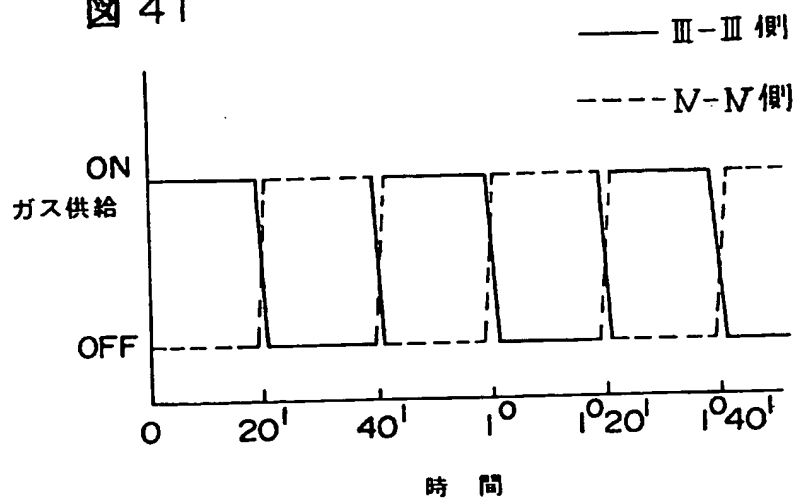
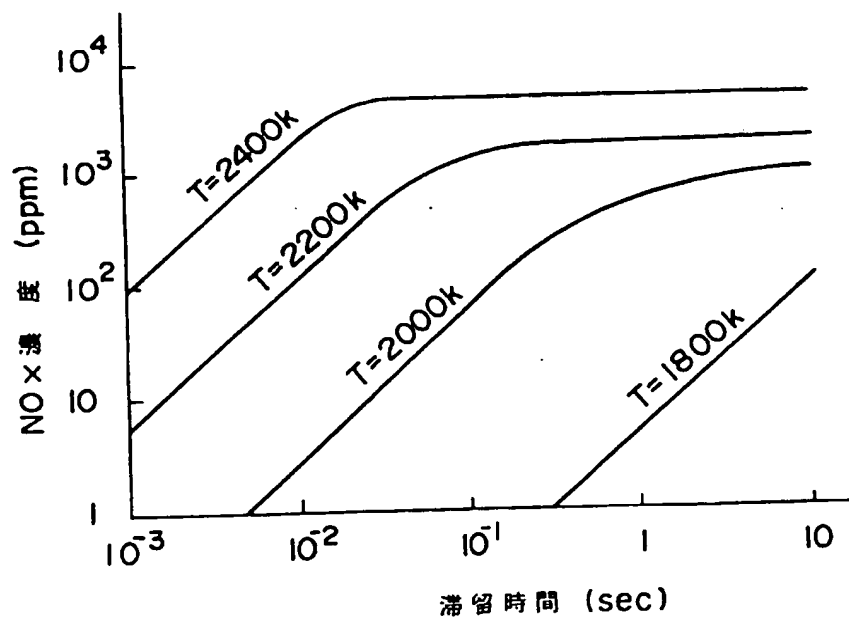


図 42



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP95/01916

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl<sup>6</sup> F23D14/12, F23C3/00, 301

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl<sup>6</sup> F23D14/12, F23C3/00, 301

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1995  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1995  
Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994 - 1995

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 2-23950, Y2 (Nippon Furnace Kogyo K.K.), June 29, 1990 (29. 06. 90), Claim, Fig. 1 (Family: none)	1, 3-8, 15, 26
Y	JP, 63-63806, B2 (Nippon Nensho System K.K.), December 8, 1988 (08. 12. 88), Claim, Fig. 3 (Family: none)	1, 3-8, 10, 11, 15, 25-28
X	JP, 63-63806, B2 (Nippon Nensho System K.K.), December 8, 1988 (08. 12. 88), Claim, Fig. 3 (Family: none)	9
A	JP, 6-65705, U (Chugai Kogyo K.K.), September 16, 1994 (16. 09. 94), Claim, Fig. 1 (Family: none)	17-23
A	JP, 63-63806, B2 (Nippon Nensho System K.K.), December 8, 1988 (08. 12. 88), Claim, Fig. 3 (Family: none)	12-14, 16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

### \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "T" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

D cemb r 1, 1995 (01. 12. 95)

Date of mailing of the international search report

December 26, 1995 (26. 12. 95)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone N .

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP95/01916

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 2-23950, Y2 (Nippon Furnace Kogyo K.K.), June 29, 1990 (29. 06. 90), Claim, Fig. 1 (Family: none)	2, 24

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP 95 / 01916

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> F23D14/12, F23C3/00, 301

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> F23D14/12, F23C3/00, 301

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1995年
日本国公開実用新案公報	1971-1995年
日本国登録実用新案公報	1994-1995年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 2-23950, Y2 (日本ファーンエス工業株式会社), 29. 6月, 1990 (29. 06. 90), 実用新案登録請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)	1, 3-8, 15, 26
Y	JP, 63-63806, B2 (日本燃焼システム株式会社), 8. 12月, 1988 (08. 12. 88), 特許請求の範囲, 第3図 (ファミリーなし)	1, 3-8, 10, 11, 15, 25-28

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日  
若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献  
(理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日  
の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と  
矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のため  
に引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規  
性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文  
献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性  
がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01. 12. 95

国際調査報告の発送日

26.12.95

名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便 号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大橋康史

3 K 7 5 1 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3333

## C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 63-63806, B2 (日本燃焼システム株式会社), 8. 12月. 1988 (08. 12. 88), 特許請求の範囲, 第3図 (ファミリーなし)	9
A	JP, 6-65705, U (中外伊工業株式会社), 16. 9月. 1994 (16. 09. 94), 実用新案登録請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)	17-23
A	JP, 63-63806, B2 (日本燃焼システム株式会社), 8. 12月. 1988 (08. 12. 88), 特許請求の範囲, 第3図 (ファミリーなし)	12-14, 16
A	JP, 2-23950, Y2 (日本ファーンエス工業株式会社), 29. 6月. 1990 (29. 06. 90), 実用新案登録請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)	2, 24